

UNIVERZITA PARDUBICE

Fakulta chemicko-technologická

Ústav chemie a technologie makromolekulárních látek

Oddělení nátěrových hmot a organických povlaků

DIPLOMOVÁ PRÁCE

2024

Bc. Josef Škorpík

Univerzita Pardubice
Fakulta chemicko-technologická

Vlastnosti organických povlaků v závislosti na obsahu a
složení antikoročních pigmentů

Diplomová práce

2024

Univerzita Pardubice
Faculty of Chemical Technology
Institute of Chemistry and Technology of
Macromolecular Materials
Department of Paints and Organic Coatings

Properties of organic coatings depending on the content
and composition of anticorrosive pigments

Bc. Josef Škorpík

Thesis

2024

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Bc. Josef Škorpík**
Osobní číslo: **C22331**
Studijní program: **N0531A130053 Organické povlaky a nátěrové hmoty**
Téma práce: **Vlastnosti organických povlaků v závislosti na obsahu a složení anti-korozních pigmentů**
Zadávací katedra: **Ústav chemie a technologie makromolekulárních látek**

Zásady pro vypracování

1. Proveďte literární rešerši na dané téma.
2. Vybraným syntetickým postupem připravte pigmenty s obsahem Mg a Zn v potřebném množství. Proveďte charakterizaci pigmentů a stanovte jejich fyzikálně-chemické vlastnosti. Pro porovnání vlastností připravených pigmentů testujte jako standard látku podobného anorganického charakteru.
3. Připravte modelové nátěrové hmoty na bázi vybraných pojiv (alkydové, epoxidové a epoxyesterové pryskyřice) při vybraných objemových koncentracích zkoumaného pigmentu ($OKP_{pig.} = 1$ až 10 %, při $OKP/KOKP=Q=konst$)
4. Připravte vzorky nátěrových filmů na skleněných a ocelových panelech. Stanovte průběh zasychání v závislosti na čase a stanovte celkovou povrchovou tvrdost nátěrů na kyvadle dle Perzose.
5. Proveďte testy fyzikální a chemické odolnosti nátěrů, zhodnoťte odolnost vůči ohybu, úderu, hloubení a stanovte stupeň přilnavosti dle příslušných norem CSN EN ISO. Výsledky srovnajte s výsledky čistého pojiva a s výsledky komerčně rozšířeného antikorozičního pigmentu.
6. Pro získání výsledků vlivu pigmentů na korozní odolnost nátěrů proveďte testy ke zjištění antikoroziční účinnosti nátěrů. Jako zkušební korozní prostředí použijte atmosféru s obsahem SO_2 , 5% NaCl neutrální povahy, popř. další korozní nebo chemické prostředí.
7. Na základě normy ASTM a její stupnice vyjádřete pro jednotlivé projevy koroze odolnost jednotlivých pigmentovaných nátěrů. Určete pigmenty a jejich OKP, které zabraňují úspěšně více korozním projevům. Korozní projevy, popř. vypočtené výsledky antikoroziční účinnosti diskutujte podle typu a OKP testovaného pigmentu v nátěrovém filmu. Stanovte optimální podíl speciálního pigmentu pro zajištění vysoké antikoroziční účinnosti. Výsledky porovnejte s výsledky elektrochemického měření polarizačního odporu. Výsledky rovněž diskutujte podle typu korozního prostředí a podle vlivu na mechanické vlastnosti nátěrů zasychání.
8. Stručně popište nové poznatky, závěry, přínosy práce pro vědu a praxi. Závěrem doporučte, do jakého typu prostředí a pro jaké aplikace lze nátěry doporučit.

Rozsah pracovní zprávy:
Rozsah grafických prací:
Forma zpracování diplomové práce: **tištěná**

Seznam doporučené literatury:

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Miroslav Kohl, Ph.D.**
Ústav chemie a technologie makromolekulárních látek

Konzultant diplomové práce: **prof. Ing. Andréa Kalendová, Dr.**
Ústav chemie a technologie makromolekulárních látek

Datum zadání diplomové práce: **22. prosince 2023**
Termín odevzdání diplomové práce: **10. května 2024**

L.S.

prof. Ing. Petr Němec, Ph.D.
děkan

doc. Ing. David Veselý, Ph.D.
vedoucí katedry

V Pardubicích dne 22. února 2024

Prohlašuji:

Práci jsem vypracoval samostatně. Veškeré literární prameny a informace, které jsem v práci využil, jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

Byl jsem seznámen s tím, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon), ve znění pozdějších předpisů, zejména se skutečností, že Univerzita Pardubice má právo na uzavření licenční smlouvy o užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona, a s tím, že pokud dojde k užití této práce mnou nebo bude poskytnuta licence o užití jinému subjektu, je Univerzita Pardubice oprávněna ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložila, a to podle okolností až do jejich skutečné výše.

Beru na vědomí, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, a směrnicí Univerzity Pardubice č. 7/2019 Pravidla pro odevzdávání, zveřejňování a formální úpravu závěrečných prací, ve znění pozdějších dodatků, bude práce zveřejněna prostřednictvím Digitální knihovny Univerzity Pardubice.

V Pardubicích dne

Bc. Josef Škorpík

PODĚKOVÁNÍ

Největší poděkování patří vedoucímu diplomové práce Ing. Miroslavu Kohlovi, Ph.D. a paní prof. Ing. Andrée Kalendové, Dr. za profesionální vedení, pomoc, připomínky a ochotu při zpracování této práce. Dále bych rád poděkoval své rodině za podporu během studia a svým kolegům za pomoc s orientací ve studiu.

Diplomová práce vznikla za podpory projektu Modernizace praktické výuky a zkvalitnění praktických dovedností v technicky zaměřených studijních programech, reg. číslo CZ.02.2.67/0.0/0.0/16_016/0002458 operačního programu Výzkum, vývoj a vzdělávání. Tento projekt je spolufinancován Evropskou unií. Oceňuji také finanční podporu z projektu LM2023037 od Ministerstva školství, mládeže a tělovýchovy ČR.



EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání



ANOTACE

Tato diplomová práce se zabývá studiem vlivu struktury, složení a koncentrace organických a pigmentů s obsahem hořečnatého a zinečnatého kationtu na antikorozi a fyzikální vlastnosti organických povlaků na bázi epoxyesterové pryskyřice, alkydové pryskyřice a epoxidové pryskyřice. Byly porovnávány vlastnosti nátěrových hmot s obsahem nově syntetizovaných organických pigmentů na bázi nitroso-beta-naftolu s hořečnatým a zinečnatým kationtem, n-dodecylaspargátu s hořečnatým a zinečnatým kationtem a Oktylaspargátu se zinečnatým kationtem. Nátěrové hmoty obsahující organické pigmenty byly porovnávány s nátěrovými hmotami, které byly pigmentované anorganickými pigmenty, jednalo se o oxid hořečnatý, fosforečnanem zinečnatý, oxid zinečnatý, titanovou bělobou rutilového typu a wollastonit. U všech pigmentů byla stanovena jejich hustota a olejové číslo, z nichž byla následně vypočtena kritická objemová koncentrace, také bylo sledováno pH a měrná elektrická vodivost roztoků pigmentů v závislosti na čase. U pigmentů byly také zjištěny hmotnostní korozní úbytky a obsah vodou rozpustných látek. Organické povlaky byly aplikovány na skleněné a ocelové panely. Následně u nich byly testovány jejich fyzikálně – mechanické vlastnosti, jako je odolnost organického povlaků vůči ohybu, úderu, vrypu, hloubení a byla také stanovena přilnavost organického povlaku mřížkovou metodou. Ocelové panely, opatřeny organickými povlaky, byly také podrobeny zrychleným korozním zkouškám, při nichž byla sledována jejich antikorozi účinnost. Organické povlaky byly vystaveny i vlivu nepřímých korozních zkoušek, jako je elektrochemické měření lineární polarizace a stanovení odolnosti vůči vodnému roztoku elektrolytu v závislosti na pH.

KLÍČOVÁ SLOVA

Organický pigment, inhibitor koroze, epoxyesterová pryskyřice, alkydová pryskyřice, epoxidová pryskyřice, asparagan, nitroso-beta-naftol

ABSTRACT

This thesis deals with the study of the effect of structure, composition and concentration of organic and pigments containing magnesium and zinc cations on the anticorrosion and physical properties of organic coatings based on epoxy ester resin, alkyd resin and epoxy resin. The properties of coatings containing newly synthesized organic pigments based on nitroso-beta-naphthol with magnesium and zinc cation, n-dodecylaspartate with magnesium and zinc cation and octylaspartate with zinc cation were compared. Coatings containing organic pigments were compared with coatings that were pigmented with inorganic pigments, these were magnesium oxide, zinc phosphate, zinc oxide, rutile-type titanium white and wollastonite. For all pigments, their density and oil number were determined, from which the critical bulk concentration was subsequently calculated; the pH and specific electrical conductivity of the pigment solutions were also monitored as a function of time. The mass corrosion losses and water-soluble content of the pigments were also determined. Organic coatings were applied to glass and steel panels. Subsequently, their physical-mechanical properties such as the resistance of the organic coatings to bending, impact, indentation, pitting were tested and the adhesion of the organic coating was also determined by the grid method. The steel panels, coated with organic coatings, were also subjected to accelerated corrosion tests to observe their anti-corrosion performance. The organic coatings were also subjected to indirect corrosion tests, such as electrochemical measurements of linear polarization and pH-dependent resistance to aqueous electrolyte solution.

KEYWORDS

Organic pigment, corrosion inhibitor, epoxy ester resin, alkyd resin, epoxy resin, asparagan, nitroso-beta-naphthol

OBSAH

SEZNAM ILUSTRACÍ A TABULEK.....	12
SEZNAM ZKRATEK A ZNAČEK	18
1.SOUČASNÝ STAV PROBLEMATIKY	19
1.1.Organické antikoroziční pigmenty	19
1.2.Azopigmenty	21
1.3.Azobarbituráty	23
1.4.Perylenové pigmenty	23
1.5.Taninové pigmenty	24
1.6.Indigové pigmenty	25
1.7.Vrstevnaté pigmenty	25
1.8.Anorganické antikoroziční pigmenty	26
1.9.Ochranné nátěrové systémy	29
2.EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST	34
2.1.Cíl práce.....	34
2.2.Charakterizace surovin	35
2.3.Použité přístroje	38
2.4.Syntéza organických pigmentů	40
2.5.Specifikace vlastností pigmentů na základě fyzikálně-chemických veličin.....	43
2.6.Příprava modelových nátěrových hmot	46
2.7.Metody hodnocení fyzikálně – mechanických vlastností nátěrových filmů na skleněných panelech.....	48
2.8.Metody hodnocení fyzikálně – mechanických vlastností nátěrových filmů na ocelových panelech.....	49
2.9.Zrychlené korozní zkoušky.....	50
2.10.Nepřímé korozní zkoušky	51
2.11.Metody hodnocení korozních projevů testovaných organických povlaků	52
2.12.Hodnocení životnosti organických povlaků	55

3.Výsledky a hodnocení.....	56
4.Diskuse k výsledkům	93
4.1.Diskuse k vlastnostem organických a anorganických antikoročních pigmentů	93
4.2.Diskuse k fyzikálně – mechanickým vlastnostem nátěrových filmů na skleněných panelech.....	95
4.3.Diskuse k fyzikálně – mechanickým vlastnostem nátěrových filmů na ocelových panelech.....	100
4.4.Diskuse k výsledkům zrychlených korozních zkoušek	103
4.5.Nepřímé korozní zkoušky	111
4.6.Určení stupně korozní agresivity prostředí.....	116
4.7.Přínosy diplomové práce	118
5.ZÁVĚR.....	122
POUŽITÁ LITERATURA	123
PŘÍLOHA GRAFY.....	127
OBRÁZKOVÁ PŘÍLOHA	130

SEZNAM ILUSTRACÍ A TABULEK

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1. Formulace nátěrových hmot s epoxyesterovou pryskyřicí	46
Tabulka 2. Formulace nátěrových hmot s alkydovou pryskyřicí.....	47
Tabulka 3. Formulace nátěrových hmot s epoxidovou pryskyřicí.....	47
Tabulka 4. Hodnocení MEK testu	48
Tabulka 5. Hodnocení přilnavosti organického povlaku	49
Tabulka 6. Příprava pufu pro oblast pH = 2–12, poměry jednotlivých látek	52
Tabulka 7. Předloha pro hodnocení koroze v okolí zkušebního řezu	55
Tabulka 8. Určení stupně korozní agresivity atmosféry norma ČSN EN ISO 12944-2.....	55
Tabulka 9. Určení stupně korozní agresivity prostředí norma ČSN EN ISO 12944-6.....	56
Tabulka 10. Výsledky elementární analýzy organických pigmentů získané pomocí metody SEM/EDX.....	56
Tabulka 11. Stanovení pH, měrné elektrické vodivosti, hmotnostních korozních úbytků a vodou rozpustných látek v roztocích pigmentů	58
Tabulka 12. Hodnoty stanovení relativní povrchové tvrdosti nátěrových filmů na bázi epoxyesterové pryskyřice pigmentovaných organickými a anorganickými pigmenty. DFT = $45 \pm 5 \mu\text{m}$	59
Tabulka 13. Hodnoty stanovení relativní povrchové tvrdosti nátěrových filmů na bázi alkydové pryskyřice pigmentovaných organickými a anorganickými pigmenty. DFT = $45 \pm 5 \mu\text{m}$	59
Tabulka 14. Hodnoty stanovení relativní povrchové tvrdosti nátěrových filmů na bázi epoxidové pryskyřice pigmentovaných organickými a anorganickými pigmenty. DFT = $45 \pm 5 \mu\text{m}$	60
Tabulka 15. Hodnoty chemické odolnosti nátěrových filmů na bázi epoxyesterové pryskyřice pigmentovaných organickými a anorganickými pigmenty. DFT = $45 \pm 5 \mu\text{m}$	60
Tabulka 16. Hodnoty chemické odolnosti nátěrových filmů na bázi alkydové pryskyřice pigmentovaných organickými a anorganickými pigmenty. DFT = $45 \pm 5 \mu\text{m}$	61
Tabulka 17. Hodnoty chemické odolnosti nátěrových filmů na bázi epoxyesterové pryskyřice pigmentovaných organickými a anorganickými pigmenty. DFT = $45 \pm 5 \mu\text{m}$	61
Tabulka 18. Hodnoty lesku nátěrových filmů na bázi epoxyesterové pryskyřice pigmentovaných organickými pigmenty. DFT = $45 \pm 5 \mu\text{m}$	62
Tabulka 19. Hodnoty lesku nátěrových filmů na bázi epoxyesterových pryskyřic pigmentovaných anorganickými pigmenty. DFT = $45 \pm 5 \mu\text{m}$	63
Tabulka 20. Hodnoty lesku nátěrových filmů na bázi alkydové pryskyřice pigmentovaných organickými a anorganickými pigmenty. DFT = $45 \pm 5 \mu\text{m}$	64
Tabulka 21. Hodnoty lesku nátěrových filmů na bázi epoxidové pryskyřice pigmentovaných organickými a anorganickými pigmenty. DFT = $45 \pm 5 \mu\text{m}$	65
Tabulka 22. Hodnoty průměrných délek vrypu na organických povlacích na bázi epoxyesterových pryskyřic pigmentovaných organickými a anorganickými pigmenty. DFT = $45 \pm 5 \mu\text{m}$	66

Tabulka 23. Hodnoty průměrných délek vrypu na organických povlacích na bázi alkydové pryskyřice pigmentovaných organickými a anorganickými pigmenty. DFT = $45 \pm 5 \mu\text{m}$	66
Tabulka 24. Hodnoty průměrných délek vrypu na organických povlacích na bázi epoxidové pryskyřice pigmentovaných organickými a anorganickými pigmenty. DFT = $45 \pm 5 \mu\text{m}$	67
Tabulka 25. Výsledky hodnocení přilnavosti nátěrového filmu mřížkovou metodou na nátěrových filmech na bázi epoxyesterové pryskyřice pigmentovaných organickými a anorganickými pigmenty.	68
Tabulka 26. Výsledky hodnocení přilnavosti nátěrového filmu na bázi alkydové pryskyřice mřížkovou metodou na nátěrových filmech pigmentovaných organickými a anorganickými pigmenty.	69
Tabulka 27. Výsledky hodnocení přilnavosti nátěrového filmu na bázi epoxidové pryskyřice mřížkovou metodou na nátěrových filmech pigmentovaných organickými a anorganickými pigmenty.	69
Tabulka 28. Hodnoty mechanické odolnosti nátěrových filmů na bázi epoxyesterové pryskyřice pigmentovaných organickými a anorganickými pigmenty. DFT = $45 \pm 10\mu\text{m}$	70
Tabulka 29. Hodnoty mechanické odolnosti nátěrových filmů na bázi alkydové pryskyřice pigmentovaných organickými a anorganickými pigmenty. DFT = $45 \pm 10\mu\text{m}$	71
Tabulka 30. Hodnoty mechanické odolnosti nátěrových filmů na bázi epoxidové pryskyřice pigmentovaných organickými a anorganickými pigmenty, DFT = $45 \pm 10\mu\text{m}$	71
Tabulka 31. Hodnoty stanovení změny barevnosti organických nátěrových filmů na bázi epoxyesterové pryskyřice.	72
Tabulka 32. Hodnoty stanovení změny barevnosti organických a anorganických nátěrových filmů na bázi alkydové pryskyřice.	74
Tabulka 33. Hodnoty stanovení změny barevnosti organických a anorganických nátěrových filmů na bázi epoxidové pryskyřice.	74
Tabulka 35. Hodnoty korozní odolnosti u nátěrových filmů na bázi epoxyesterové pryskyřice v závislosti na čase. Doba působení atmosféry s obsahem SO_2 480 a 960 hodin DFT= $95 \pm 5 \mu\text{m}$	75
Tabulka 36. Hodnoty korozní odolnosti u nátěrových filmů na bázi epoxyesterové pryskyřice v závislosti na čase a hodnocení podkorodování po stažení nátěrového filmu. Doba působení atmosféry s obsahem SO_2 1200 hodin DFT= $95 \pm 5 \mu\text{m}$	76
Tabulka 37. Hodnoty korozní odolnosti u nátěrových filmů na bázi alkydové pryskyřice v závislosti na čase. Doba působení atmosféry s obsahem SO_2 480 a 960 hodin DFT= $95 \pm 5 \mu\text{m}$	77
Tabulka 38. Hodnoty korozní odolnosti u nátěrových filmů na bázi alkydové pryskyřice v závislosti na čase a hodnocení podkorodování po stažení nátěrového filmu. Doba působení atmosféry s obsahem SO_2 1200 hodin DFT= $95 \pm 5 \mu\text{m}$	77
Tabulka 39. Hodnoty korozní odolnosti u nátěrových filmů na bázi epoxidové pryskyřice v závislosti na čase. Doba působení atmosféry s obsahem SO_2 480 a 960 hodin DFT= $95 \pm 5 \mu\text{m}$	78
Tabulka 40. Hodnoty korozní odolnosti u nátěrových filmů na bázi epoxidové pryskyřice v závislosti na čase a hodnocení podkorodování po stažení nátěrového filmu. Doba působení atmosféry s obsahem SO_2 1200 hodin DFT= $95 \pm 5 \mu\text{m}$	78

Tabulka 41. Hodnoty korozní odolnosti u nátěrových filmů na bázi epoxyesterové pryskyřice v závislosti na čase. Doba působení atmosféry s povšechnou kondenzací 480 a 960 hodin DFT= $95 \pm 5 \mu\text{m}$	79
Tabulka 42. Hodnoty korozní odolnosti u nátěrových filmů na bázi epoxyesterové pryskyřice v závislosti na čase a hodnocení podkorodování po stažení nátěrového filmu. Doba působení atmosféry s povšechnou kondenzací 1200 hodin DFT= $95 \pm 5 \mu\text{m}$	80
Tabulka 43. Hodnoty korozní odolnosti u nátěrových filmů na bázi alkydové pryskyřice v závislosti na čase. Doba působení atmosféry s povšechnou kondenzací 480 a 960 hodin DFT= $95 \pm 5 \mu\text{m}$	81
Tabulka 44. Hodnoty korozní odolnosti u nátěrových filmů na bázi alkydové pryskyřice v závislosti na čase a hodnocení podkorodování po stažení nátěrového filmu. Doba působení atmosféry s povšechnou kondenzací 1200 hodin DFT= $95 \pm 5 \mu\text{m}$	81
Tabulka 45. Hodnoty korozní odolnosti u nátěrových filmů na bázi epoxidové pryskyřice v závislosti na čase. Doba působení atmosféry s povšechnou kondenzací 480 a 960 hodin DFT= $95 \pm 5 \mu\text{m}$	81
Tabulka 46. Hodnoty korozní odolnosti u nátěrových filmů na bázi epoxidové pryskyřice v závislosti na čase a hodnocení podkorodování po stažení nátěrového filmu. Doba působení atmosféry s povšechnou kondenzací 1200 hodin DFT= $95 \pm 5 \mu\text{m}$	82
Tabulka 47. Hodnoty korozní odolnosti u nátěrových filmů na bázi epoxyesterové pryskyřice v závislosti na čase. Doba působení směsných korozních zkoušek 360 a 720 hodin DFT= $95 \pm 5 \mu\text{m}$	83
Tabulka 48. Hodnoty korozní odolnosti u nátěrových filmů na bázi epoxyesterové pryskyřice v závislosti na čase a hodnocení podkorodování po stažení nátěrového filmu. Doba působení směsných korozních zkoušek 1080 hodin DFT= $95 \pm 5 \mu\text{m}$	84
Tabulka 49. Hodnoty korozní odolnosti u nátěrových filmů na bázi alkydové pryskyřice v závislosti na čase. Doba působení směsných korozních zkoušek 360 a 720 hodin DFT= $95 \pm 5 \mu\text{m}$	85
Tabulka 50. Hodnocení podkorodování po stažení nátěrového filmu u nátěrových filmů na bázi alkydové pryskyřice. Doba působení atmosféry s povšechnou kondenzací 1200 hodin DFT= $95 \pm 5 \mu\text{m}$	85
Tabulka 51. Hodnoty korozní odolnosti u nátěrových filmů na bázi epoxidové pryskyřice v závislosti na čase. Doba působení směsných korozních zkoušek 360 a 720 hodin DFT= $95 \pm 5 \mu\text{m}$	86
Tabulka 52. Hodnocení podkorodování po stažení nátěrového filmu u nátěrových filmů na bázi epoxidové pryskyřice. Doba působení atmosféry s povšechnou kondenzací 1200 hodin DFT= $95 \pm 5 \mu\text{m}$	86
Tabulka 53. Hodnoty z měření lineární polarizace u organických povlaků pigmentovaných organickými pigmenty. DFT = $45 \pm 5 \mu\text{m}$	87
Tabulka 54. Hodnocení korozní odolnosti u nátěrových filmů na bázi epoxyesterové pryskyřice po 720 hodinách působení pufrů o pH 2, 4, 6, 8, 10, 12. DFT= $35 \pm 5 \mu\text{m}$	88
Tabulka 55. Hodnocení koroze panelu po odstranění nátěrů na bázi epoxyesterové pryskyřice po 720 hodinách působení pufrů o pH 2, 4, 6, 8, 10, 12.....	89
Tabulka 56. Hodnocení korozní odolnosti u nátěrových filmů na bázi alkydové pryskyřice po 720 hodinách působení pufrů o pH 2, 4, 6, 8, 10, 12. DFT= $35 \pm 5 \mu\text{m}$	89
Tabulka 57. Hodnocení koroze panelu po odstranění nátěrů na bázi alkydové pryskyřice po 720 hodinách působení pufrů o pH 2, 4, 6, 8, 10, 12.....	90

Tabulka 58. Hodnocení korozní odolnosti u nátěrových filmů na bázi epoxidové pryskyřice po 720 hodinách působení pufrů o pH 2, 4, 6, 8, 10, 12. DFT= $35 \pm 5 \mu\text{m}$	90
Tabulka 59. Hodnocení koroze panelu po odstranění nátěrů na bázi epoxidové pryskyřice po 720 hodinách působení pufrů o pH 2, 4, 6, 8, 10, 12.....	90
Tabulka 60. Stanovení pH, měrné elektrické vodivosti a hmotnostních korozních úbytků látek v roztocích filmů na bázi epoxyesterové pryskyřice.	91
Tabulka 61. Stanovení pH, měrné elektrické vodivosti a hmotnostních korozních úbytků látek v roztocích filmů na bázi alkydové pryskyřice.....	92
Tabulka 62. Stanovení pH, měrné elektrické vodivosti a hmotnostních korozních úbytků látek v roztocích filmů na bázi epoxidové pryskyřice.....	92

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1. Formy uspořádání částic pigmentů [1].....	20
Obrázek 2. Mechanismus diazotační reakce [1]	22
Obrázek 3. Chemická rovnice diazotace a kopulace [14].....	23
Obrázek 4. Azobarbiturát nikelnatý [15]	23
Obrázek 5. základní struktura perylenového pigmentu [17].....	24
Obrázek 6. Oxidace acenaftylenu na kyselinu a následné nahrazení kyslíku imidovou skupinou [18]	24
Obrázek 7. Vznik leuko formy a její následná oxidace na perylendiimid [18]	24
Obrázek 8. Kyselina galová [19]	25
Obrázek 9. Indoxyl [21].....	25
Obrázek 10. Výroba epoxyesterové pryskyřice	31
Obrázek 11. Syntéza alkydových pryskyřic monoglyceridovým procesem.....	32
Obrázek 12. Výroba epoxyesterové pryskyřice	33
Obrázek 13. Syntéza nitroso-beta-naftolu	40
Obrázek 14. Syntéza nitroso-beta-naftolu zinečnatého	40
Obrázek 15. Syntéza nitroso-beta-naftolu	41
Obrázek 16. Syntéza nitroso-beta-naftolu hořečnatého	41
Obrázek 17. Syntéza n-dodecylaspargátu hořečnatého	42
Obrázek 18. Syntéza n-dodecylaspargátu zinečnatého.....	42
Obrázek 19. Syntéza n-oktylaspargátu zinečnatého	43
Obrázek 20. Hodnocení puchýřů v ploše.....	53
Obrázek 21. Předloha pro hodnocení koroze v ploše podkladu a prokorodování organického povlaku.....	54
Obrázek 22. Snímky získané pomocí rastrovací elektronová spektroskopie. A - $C_{20}H_{12}N_2O_4Mg$, B - $C_{16}H_{29}N_1O_4Mg$, C - $C_{12}H_{21}N_1O_4Zn$, D - $C_{16}H_{29}N_1O_4Zn$, E - $C_{20}H_{12}N_2O_4Zn$	57
Obrázek 23. Snímky získané pomocí rastrovací elektronová spektroskopie. A - MgO , B - $Zn_3(PO_4)_2$, C - ZnO , D - $CaSiO_3$, E - TiO_2	57
Obrázek 24. Fotografie organických povlaků pigmentovaných $C_{20}H_{12}N_2O_4Mg$ na bázi A) epoxyesterové pryskyřice, B) alkydové pryskyřice, C) epoxidové pryskyřice	102
Obrázek 25. Změna barevnosti pigmentu $C_{20}H_{12}N_2O_4Mg$, A) s pojivem epoxyesterovou pryskyřicí, B) alkydovou pryskyřicí, C) epoxidovou pryskyřicí	103
Obrázek 26. Fotografie Vybraných organických povlaků na bázi epoxyesterové pryskyřice a ocelových panelů po jejich odstranění po 1200 hodinách v atmosféře obsahující SO_2 pigmentované A) $C_{16}H_{29}N_1O_4Mg$ o OKP 1 %, B) $C_{16}H_{29}N_1O_4Zn$ o OKP 1 %	104
Obrázek 27. Fotografie vybraných organických povlaků na bázi alkydové pryskyřice a ocelových panelů po jejich odstranění s nejvyšší antikorozií odolností po 1200 hodinách v atmosféře obsahující SO_2 pigmentované A) $C_{16}H_{29}N_1O_4Mg$ o OKP 10 %, B) $C_{20}H_{12}N_2O_4Zn$ o OKP 10 %	105
Obrázek 28. Fotografie vybraných povlaků na bázi epoxidové pryskyřice a ocelových panelů po jejich odstranění s nejvyšší antikorozií odolností po 1200 hodinách v atmosféře obsahující SO_2 pigmentované A) $C_{20}H_{12}N_2O_4Mg$ o OKP 10 %, B) $C_{20}H_{12}N_2O_4Zn$ o OKP 10 %	105

Obrázek 29. Fotografie vybraných povlaků na bázi epoxyesterové pryskyřice a ocelových panelů po jejich odstranění nejvyšší antikorozi odolností po 1200 hodinách v atmosféře s povšechnou kondenzací pigmentované A) $C_{16}H_{29}N_1O_4Mg$ o OKP 1 %, B) $C_{16}H_{29}N_1O_4Zn$ o OKP 1 %	107
Obrázek 30. Fotografie vybraných povlaků na bázi alkydové pryskyřice a ocelových panelů po jejich odstranění s nejvyšší antikorozi odolností po 1200 hodinách v atmosféře s povšechnou kondenzací pigmentovaných A) $C_{16}H_{29}N_1O_4Mg$ o OKP 10 %, B) $C_{20}H_{12}N_2O_4Zn$ o OKP 10 %	107
Obrázek 31. Fotografie vybraných povlaků na bázi epoxidových pryskyřic a ocelových panelů po jejich odstranění s nejvyšší antikorozi odolností po 1200 hodinách v atmosféře s povšechnou kondenzací pigmentovaných A) $C_{20}H_{12}N_2O_4Mg$ o OKP 10 %, B) $C_{12}H_{21}N_1O_4Zn$ o OKP 10 %	108
Obrázek 32. Fotografie vybraných povlaků na bázi epoxyesterových pryskyřic a ocelových panelů po jejich odstranění s nejvyšší antikorozi odolností po 1080 hodinách ve směsné atmosféře pigmentovaných A) $C_{20}H_{12}N_2O_4Mg$ o OKP 10 %, B) $C_{12}H_{21}N_1O_4Zn$ o OKP 1 %	109
Obrázek 33. Fotografie vybraných povlaků na bázi alkydových pryskyřic a ocelových panelů po jejich odstranění s nejvyšší antikorozi odolností po 720 hodinách ve směsné atmosféře pigmentovaných A) $C_{20}H_{12}N_2O_4Mg$ o OKP 10 %, B) $C_{20}H_{12}N_2O_4Zn$ o OKP 10 %	110
Obrázek 34. Fotografie vybraných povlaků na bázi epoxidových pryskyřic a ocelových panelů po jejich odstranění s nejvyšší antikorozi odolností po 720 hodinách ve směsné atmosféře. A) $C_{20}H_{12}N_2O_4Mg$ o OKP 10 %, B) $C_{20}H_{12}N_2O_4Zn$ o OKP 10 %..	111
Obrázek 35. Fotografie vybraného organického povlaku na bázi epoxyesterové pryskyřice obsahující pigment $C_{20}H_{12}N_2O_4Mg$ po 720 hodinách působení pufrů a fotografie ocelového panelu po stažení povlaku	113
Obrázek 36. Fotografie vybraného organického povlaku na bázi alkydové pryskyřice obsahující pigment $C_{20}H_{12}N_2O_4Mg$ po 720 hodinách působení pufrů a fotografie ocelového panelu po stažení povlaku	113
Obrázek 37. Fotografie vybraného organického povlaku na bázi epoxidové pryskyřice obsahující pigment $C_{20}H_{12}N_2O_4Mg$ po 720 hodinách působení pufrů a fotografie ocelového panelu po stažení povlaku	114
Obrázek 38. Záznam z rentgenové krystalografie (XRD) pigmentu $C_{20}H_{12}N_2O_4Mg$	127
Obrázek 39. Záznam z rentgenové krystalografie (XRD) pigmentu $C_{16}H_{29}N_1O_4Mg$	127
Obrázek 40. Záznam z rentgenové krystalografie (XRD) pigmentu $C_{12}H_{21}N_1O_4Zn$	128
Obrázek 41. Záznam z rentgenové krystalografie (XRD) pigmentu $C_{16}H_{29}N_1O_4Zn$	128
Obrázek 42. Záznam z rentgenové krystalografie (XRD) pigmentu $C_{20}H_{12}N_2O_4Zn$	129

SEZNAM ZKRATEK A ZNAČEK

a*	barevný tón
b*	barevný tón
D	density
DFT	suchá tloušťka filmu [μm]
E	elektroodový potenciál [V]
E _{kor}	samovolný korozní potenciál [mV]
E _r	rovnovážný potenciál [V]
F	few
F	Faradayova konstanta [C/mol]
k	absorpční koeficient [$\text{dm}^3 \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$]
K _m	korozní úbytek vztažený na plochu [$\text{g} \cdot \text{cm}^{-2}$]
KOKP	kritická objemová koncentrace pigmentu [%]
L*	jas [cd/m^2]
M	medium
MD	medium density
MEK	Methyl(ethyl)keton
oč	olejové číslo [g/100 g pigmentu]
OKP	objemová koncentrace pigmentu [%]
pH	záporný dekadický logaritmus koncentrace H ⁺ iontů
UV	ultrafialové záření
V ⁰	spotřeba lněného oleje [ml]
β	remisní stupeň
β^∞	remisní stupeň neprůhledné vrstvy
η	přepětí [V]
ρ_0	hustota lněného oleje [$\text{g} \cdot \text{cm}^{-2}$]
ρ_p	hustota pigmentu [$\text{g} \cdot \text{cm}^{-2}$]
Δa^*	změna barevného tónu
Δb^*	změna barevného tónu
ΔE^*	změna barevnosti
ΔL^*	změna jasu [cd/m^2]
°C	stupeň Celsia

1. SOUČASNÝ STAV PROBLEMATIKY

1.1. Organické antikorozi pigmenty

Jako „syntetické organické pigmenty“ označujeme průmyslově vyráběné organické pigmenty, syntetizují se pro dosažení specifické barevnosti nebo pro specifické aplikace. Barevnost pigmentů i všech barevných látek je závislá na struktuře molekuly, přesněji na tom, jestli obsahuje chromofor. Chromofor je systém konjugovaných dvojných vazeb, který absorbuje vlnové délky viditelného světla a tím rozhoduje o barvě dané organické látky, která se tím stává chromogenem. Mezi typické chromofory patří azoskupiny ($-N=N-$), nitroskupiny ($-NO_2$), nitrososkupiny ($-N=O$) nebo karbonylové skupiny ($>C=O$). Další skupiny, které ovlivňují barevnost kolorantu jsou auxochromy. Auxochromy ovlivňují schopnost molekuly absorbovat světlo, což ovlivňuje odstín pigmentu. Termín auxochrom byl nahrazen termínem elektron-donorní skupina. Mezi tyto funkční skupiny se řadí hydroxyskupiny ($-OH$), aminoskupiny ($-NH_2$) nebo thioskupiny ($-SH$). [1, 2]

První syntézy organických pigmentů započaly v druhé polovině 19. století, za zakladatele barvářské chemie je považován Peter Gries, který v roce 1862 objevil diazoniové sloučeniny, čímž umožnil výrobu azobarviv. Nejprve se vyráběly pouze organická barviva a pigmenty vznikaly jako vedlejší produkt srážení barviva kovovými solemi. Dnes je nejrozšířenější skupinou pigmentů azopigmenty. [3, 4]

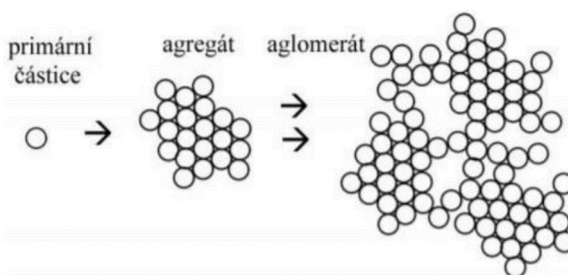
V současné době je vývoj organických pigmentů hnán hlavně nařízením Evropské unie, která omezuje použití zinečnatých sloučenin v podobě antikorozi aditiv. Organické pigmenty jsou látky s výraznými odstíny barev, téměř nerozpustné ve vodě a organických rozpouštědlech, a vyznačují se odolností vůči UV a viditelnému záření a tepelnou stabilitou. Většinou jsou připravovány přeměnou vodou rozpustných organických barevných látek na nerozpustné organické pigmenty, které jsou vytvářeny buď odstraněním solubilizačních skupin z molekuly organického barviva nebo vytvořením nerozpustné soli nahrazením rozpustných kovových iontů méně rozpustnými. Běžně používané organické pigmenty zahrnují například pigmenty naftalocyaninu, pigmenty založené na azosloučeninách, zinkovou sůl z nitroizoftalové kyseliny nebo N-benzosulfonil anthranilové kyseliny. [5, 6]

V oblasti nátěrů jsou organické pigmenty hlavně používány v kombinaci s anorganickými pigmenty k posílení jejich funkce v první fázi koroze, ke zlepšení anodické ochrany a následně k vytvoření synergického účinku. Nízká rozpustnost ve vodě je důležitým kritériem pro jejich použití v nátěru pro dlouhodobou ochranu. Příliš vysoká rozpustnost těchto látek ve vodě by vedla k vzniku puchýřů a odškrábání. Mezi nové typy organických pigmentů s antikorozi vlastnostmi patří některé typy perlylenových pigmentů. Další nový typ organických pigmentů s možností budoucího použití v antikorozi nátěrech by mohly být pigmenty založené na strukturních sloučeninách melaminu. [7, 8]

Organické pigmenty pronikají do disperzního prostředí ve formě krystalických částic. Vlastnosti a chování organických pigmentů proto závisí nejen na jejich molekulární struktuře, ale zejména na jejich krystalové struktuře. Důležitým parametrem pro výrobu nových organických pigmentů je jejich rozpustnost. Při přípravě pigmentu se usiluje o co nejmenší rozpustnost v prostředí, protože i částečná rozpustnost může způsobit následné rekrystalizaci a tím změnu jejich vlastností. Sloučeninové pigmenty jsou obecně azosloučeniny tvořené

vrstvenou krystalovou strukturou, v níž jsou jednotlivé vrstvy vázány vodíkovými vazbami nebo kovovými ionty. Sem řadíme velmi širokou škálu jak organických, tak anorganických sloučenin. Kovové azosloučeniny patří mezi nejdůležitější molekuly, které mohou zajistit tepelnou stabilitu organických barev. [6]

Organické pigmenty nesou širokou škálu chemických a fyzikálních vlastností, které rozhodují o jejich cílových aplikacích. Pro jednotlivé aplikace jsou požadovány specifické vlastnosti pigmentu, jedná se například o povrchovou strukturu, velikost částic, specifický povrch nebo krystalinitu. Mezi rozhodující vlastnosti určující výsledné použití pigmentu patří dispergovatelnost částic, ta ovlivňuje schopnost pigmentu se začlenit do aplikačního media jako jsou například nátěry, tiskařské barvy nebo plasty. Při dispergaci dochází k částečnému rozbití aglomerátů. Aglomerát je jedna ze tří forem, ve kterých se částice může vyskytovat. Další formy jsou primární částice a agregáty (obrázek 1.) Primární částice mají nepravidelné tvary, jedná se hlavně o nezpracované surové pigmenty. Agregáty jsou těsné shluky primárních částic, které nelze dispergací rozbít. Aglomerát je shluk primárních částic nebo agregátů, které jsou spojeny přes jejich hrany nebo rohy, aglomeráty mohou být rozděleny dispergací. [1]



Obrázek 1. Formy uspořádání částic pigmentů [1]

Stanovení hustoty pigmentů je důležitým ukazatelem jejich použitelnosti v nátěrových hmotách, ale slouží i pro posouzení druhu a čistoty daného pigmentu. Mezi další významné vlastnosti pigmentů se řadí světlostálost, tepelná stabilita, rheologické vlastnosti (tokové vlastnosti), migrace nebo barvicí síla. [9]

1.1.1. Princip inhibice organických pigmentů

Organické pigmenty můžeme dělit na kationtové, aniontové a smíšené. Aniontové inhibitory mají ve své struktuře záporně nabitou funkční skupinu, jedná se například o sulfonáty a fosfáty. Kationtové inhibitory mají naopak ve své struktuře kladně nabitou funkční skupinu, jedná se hlavně o aromatické a alifatické sloučeniny s aminovou skupinou. Kationtové inhibitory se často vyskytují ve formě pevných látek, či koncentrovaných kapalin. [10]

Podstatou fungování organických inhibitorů je, že vytváří celistvý film, který se skládá z mnoha monovrstev, ty slouží ke snížení rychlosti depolarizace. Další způsob, kterým organické inhibitory zpomalují průběh koroze je bariérový mechanismus. V podstatě blokují vzniklá katodická či anodická aktivní místa na povrchu kovu. [11]

1.1.2. Anodické inhibitory

Anodické inhibitory, jinak řečeno pasivační inhibitory, fungují na principu posunutí korozního potenciálu do katodického směru pomocí zvýšení anodické polarizace. Spojením inhibitoru a kovového iontu dojde k vytvoření málo rozpustné sloučeniny, která potlačuje průběh korozní reakce probíhající na anodě. Anodické inhibitory bývají absorbovány na

povrchu kovu, kde vytváří bariérový ochranný film. Vlivem působení těchto inhibitorů často dochází ke snížení pH okolního korozního prostředí. Pasivační inhibitory dělíme na dva typy, neoxidující a oxidující. Neoxidující typy pigmentů potřebují pro pasivaci kovového podkladu prostředí, ve kterém je obsažen kyslík. Naopak oxidující pigmenty jsou schopny pasivovat povrch kovu i bez přítomnosti kyslíku. Pokud dojde ke snížení koncentrace anodického inhibitoru v povlaku pod minimální limit, může dojít k urychlení koroze a k důlkové korozi. Z tohoto důvodu jsou pasivační inhibitory považovány za méně bezpečné a je nutné monitorovat jejich koncentraci v povlaku. [12, 13]

1.1.3. Katodické inhibitory

Katodické inhibitory fungují na principu zpomalení rychlosti redukce elektrochemického korozního článku. Tento typ inhibitorů posouvá korozní potenciál do anodické oblasti, přičemž kationty migrující k povrchu katody jsou vysráženy na katodě, tímto způsobem blokují přístup k povrchu katodické oblasti. Katodické inhibitory využívají tři inhibičních mechanismů. První mechanismus je založen na vzniku sraženiny, která vzniká na povrchu kovu ve formě oxidu a vytváří bariéru zamezující přístupu korozního prostředí ke kovu. Dalším mechanismem jsou katodické jedy, ty zabraňují rekombinaci vodíku, tímto způsobem potlačují proces redukce. Tento děj, avšak zvyšuje náchylnost kovu k vodíkovému křehnutí. Poslední mechanismu využívaný katodickými inhibitory je zachycování kyslíku a následné odstraňování kyslíku ze systému. Při odstranění kyslíku z korozního prostředí dojde k výraznému snížení rychlosti koroze. [12, 13]

1.1.4. Smíšené inhibitory

Jako smíšené inhibitory označujeme pigmenty, jejichž působení nelze jednoduše zařadit mezi anodické či katodické. Tyto pigmenty jsou schopny zpomalovat jak anodické, tak i katodické korozní procesy. Zpravidla se jedná o sloučeniny, které jsou schopny blokovat anodická i katodická místa na povrchu kovu pomocí svých sraženin. Oproti anodickým inhibitorům představují menší bezpečnostní riziko. Po snížení jejich limitní koncentrace c povlaku nemusí dojít ke zvýšení rychlosti koroze, na rozdíl od pasivačních inhibitorů. [12, 13]

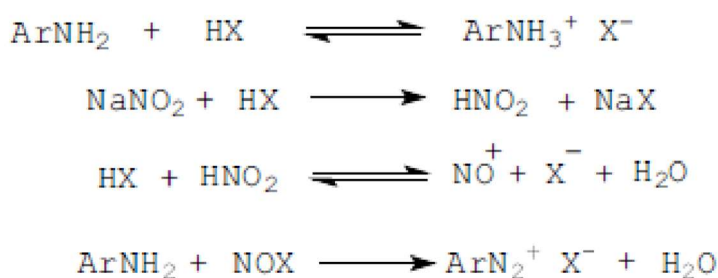
1.2. Azopigmenty

Azopigmenty jsou průmyslově vyráběné pigmenty, které se nevyskytují v přírodě. Jedná se o chemické sloučeniny, které ve své chemické struktuře obsahují minimálně jednu azoskupinu ($-N=N-$). Azoskupina je substituována na benzenovém nebo naftalenovém kruhu či na heterocyklu. V této skupině pigmentů převažují odstíny hnědé, červené, oranžové a žluté. Je prokázáno, že více než 65 % červených a 80 % žlutých pigmentů má ve své chemické struktuře minimálně jednu azoskupinu. Tato skutečnost dělá z azopigmentů nejvýznamnější a nejčastější skupinu syntetických pigmentů. Azopigmenty se vyznačují vysokou intenzitou a jasem barvy. Podle počtu azoskupin se dělí na monoazopigmenty, disazopigmenty, trisazopigmenty atd. Nejvíce se produkují monoazové a Diazové pigmenty. Dále můžeme azopigmenty dělit dle výchozích látek, ze kterých je pigment syntetizován. Azopigmenty jsou nejčastěji syntetizovány azokopulací diazionových sloučenin, které se označují jako aktivní komponenta, s pasivní komponentou. [1]

Azopigmentům k majoritnímu zastoupení na trhu organických pigmentů napomáhají ekonomicky výhodné výrobní metody. V průmyslovém měřítku patří azokopulace mezi

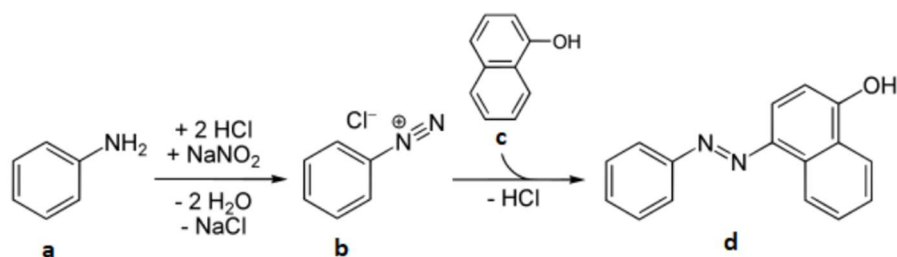
jednoduché syntézy a výchozí suroviny potřebné pro výrobu jsou snadno dostupné. Syntéza pigmentů se provádí ve dvou krocích, prvním krokem je diazotace a druhý je kopulace.

Diazotují se primární aromatické aminy (PAA) různých struktur, pro syntézu azopigmentů se využívá hlavně anilin a jeho deriváty, deriváty diaminobifenyly a aromatické aminosulfonové kyseliny. Diazotace je reakce primárních aromatických aminů s dusitanem sodným za přítomnosti minerální kyseliny (kyselina sírová nebo chlorovodíková), případně se toto činidlo zaměňuje za nitrosní plyny nebo organické dusitany. Diazotace má několik dílčích kroků, které jsou znázorněny na obrázku 2. Nejdříve se PAA rozpustí ve vodném roztoku minerální kyseliny a vznikne amoniová sůl. Následuje vznik kyseliny dusité z dusitanu sodného a nadbytku minerální kyseliny. V dalším kroku vzniká nitrosokationt reakcí kyseliny dusité, který se označuje jako nitrosylační činidlo (NOX). V posledním čtvrtém kroku vzniká diazoniová sloučenina nitrosací aminu. Podmínkou pro úspěšný průběh reakce je nízké pH, které nesmí být vyšší jak 2 a nízká teplota, která se musí pohybovat v rozmezí 0-5 °C. Diazotace je exotermická reakce a stabilita vznikajících diazoniových solí je podstatně vyšší při nízkých teplotách, také je při nízkých teplotách menší nebezpečí uvolnění nitrosních plynů. Nízké pH je nutné pro zachování nízké koncentrace volného aminu, který by při vyšší koncentraci způsobil vznik triazenu během diazotace.



Obrázek 2. Mechanismus diazotační reakce [1]

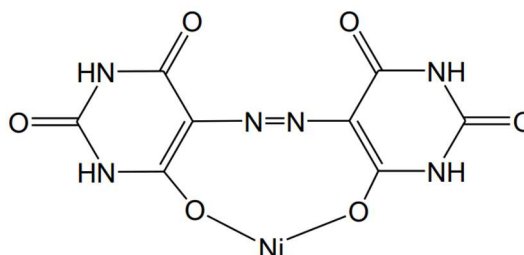
Vznikající diazoniové sloučeniny jsou Lewisovy kyseliny, na které mohou být adovány nukleofily mající volný elektronový pár. Tato reakce se nazývá kopulace a dělí se podle různých reagujících nukleofilů (S-, O-, Se-, N-, P- nebo C- kopulace). C- kopulace má průmyslově největší význam a jedná se o druhou esenciální reakci při výrobě azosloučenin (obrázek 3). Vzniká při ní diazoniový kationt, který je označován jako aktivní komponenta, který reaguje s pasivní komponentou. Nejčastěji jsou jako pasivní komponenta používány fenoly, naftoly, pyrazolony, aromatické aminy nebo acetoacetanilidy. Reakce probíhá jako elektrofilní aromatická substituce. K té dochází hlavně v ortho- a para- poloze aromatického skeletu pasivní komponenty vlivem působení kladného mezomerního efektu. Tento kladný mezomerní efekt způsobuje nejvyšší elektronovou hustotu v těchto polohách. Azopigmenty z pasivních komponent na bázi 2-naftolu a jeho derivátů bývají červené a hnědé. Z derivátů acetoacetanilidu vznikají žluté a oranžové pigmenty. Výsledné azopigmenty (obrázek 3d) vychází ze syntézy ve formě extrémně malých, nerozpustných částic, které vyžadují povrchovou nebo jinou konečnou úpravu, jako je změna velikosti částic, tvaru krystalů, nebo fyzikálních vlastností. [1, 14]



Obrázek 3. Chemická rovnice diazotace a kopulace [14]

1.3. Azobarbituráty

Barbituráty jsou průmyslově vyráběné pigmenty, které ve své struktuře obsahují kyselinu barbiturovou, azo skupinu a kovový iont. Pro reakci s kyselinou azobarbiturovou se vybírají ve vodě rozpustné soli kovů, hlavně chloridy a bromidy. Nejznámějším azobarbiturátovým pigmentem je yellow 150. Jedná se o žlutý pigment s nikelnatým iontem. Jelikož samotné azobarbituráty mají špatné fyzikální vlastnosti, zejména tvrdost a zrnitost, interkalují se do krystalických mřížek jiné kovové sloučeniny. Využívá se například soli melaninu který je v mřížce fixován silnými přitažlivými silami. Při výrobě azobarbiturátu bez interkalovaného melaninu získáváme více krystalových forem pigmentu, které se liší svými chemicko fyzikálními vlastnostmi. Přítomnost melaninu v mřížce celkově zlepšuje fyzikální vlastnosti, avšak může ovlivnit barevnost. Hlavní využití azobarbiturátových pigmentů je v tiskových barvách, vykazují také lehké antibakteriální účinky. [15, 16]

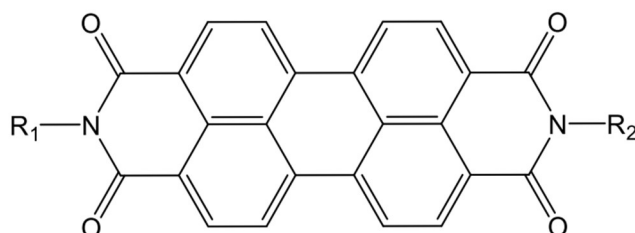


Obrázek 4. Azobarbiturát nikelnatý [15]

1.4. Perylenové pigmenty

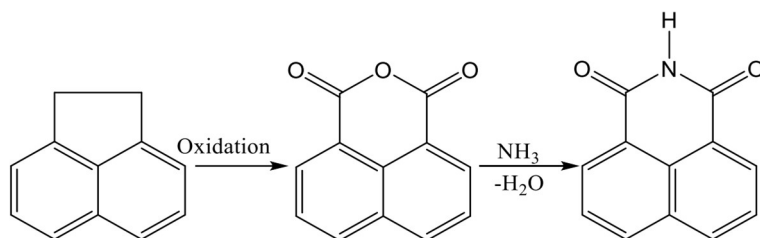
Perylenové pigmenty se využívají jako vysokofunkční barviva. Jedná se o naphthalenové jednotky připojené k sobě v peri-pozici a patří do třídy polycyklických aromatických sloučenin. První syntéza proběhla roku 1910. Patent pro syntézu perylenů byl podán roku 1913. Díky svým elektrochemickým vlastnostem se využívají jako elektrofotografické fotoreceptory, fotovoltaiické prvky, optické disky a polovodiče. Ve formě pigmentů mají červené a černé barvy. Ty se využívají v automobilovém průmyslu a pro barvení umělých vláken a technických pryskyřic. Pigmenty se vyznačují vysokou intenzitou barev, odolnost vůči povětrnostním vlivům a stabilitu vůči teplu, avšak nemají nedisponují antikorozními vlastnostmi. V praxi se tento problém řeší přidáním antikorozních aditiv do formulací nátěrových hmot a laků. Avšak antikorozní aditiva mají jinou chemickou strukturu, než pigment (nosič barevného odstínu), a tak se často stává, že jsou vzájemně nekompatibilní. Tento problém je možné řešit využitím antikorozních činidel podobných vlastností jako mají dané pigmenty. Nově se syntetizují

nesymetricky substitované peryleny, které by měli vykazovat větší odolnost proti povětrnostním vlivům než symetricky substitované molekuly. [17, 18]

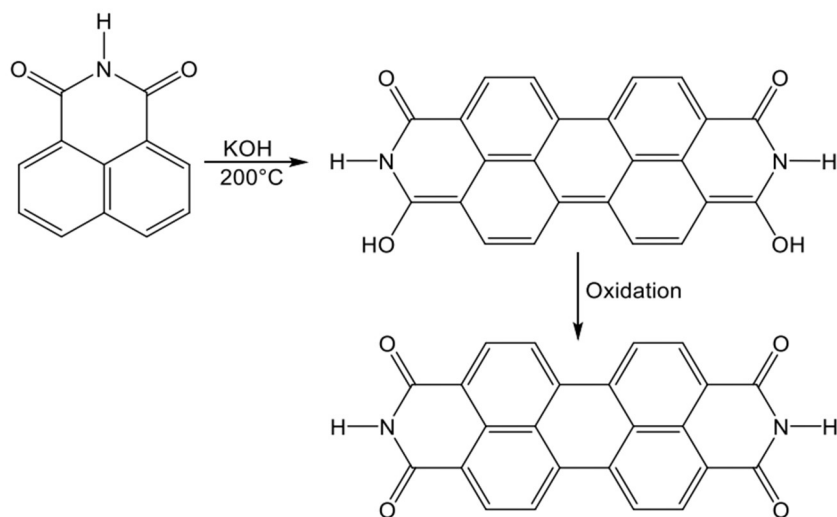


Obrázek 5. základní struktura perylenového pigmentu [17]

Při syntéze perylenů se jako základní surovina využívá acenaftylen, který je oxidován na kyselinu. Následně je v molekule nahrazen kyslík -NH skupinou za vzniku naftylimidu. Naftylimid je alkalicky roztaven a vléván do vody, což vede ke vzniku leuko formy, která je oxidována vzduchem za vzniku perylendiimidu. [17]



Obrázek 6. Oxidace acenaftyleny na kyselinu a následné nahrazení kyslíku imidovou skupinou [18]

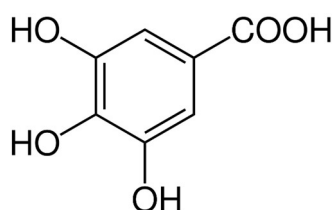


Obrázek 7. Vznik leuko formy a její následná oxidace na perylendiimid [18]

1.5. Taninové pigmenty

Taninové neboli tříslovinové pigmenty jsou látky získávané z různých částí rostlin, jako jsou například v listy, stonky, větve, kůra, plody, semena, květy, ale i dřevní odpady. Jedná se o netoxické polyfenoly rozpustné ve vodě. V současné době vzrostla jejich obliba kvůli poptávce spotřebitelů po přírodních produktech. Výroba taninových pigmentů se ukazuje jako

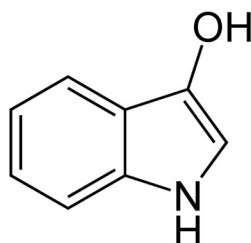
levnější ekologičtější alternativa ku konvenčním syntetickým pigmentům, a to díky možnosti využití dřevního odpadu. Tríslovinové pigmenty jsou rozpustné ve vodě, pro jejich využití v podobě antikoročních pigmentů se jejich rozpustnost snižuje syntézou jejich kyslíkatých komplexů s obsahem zinečnatých a hořečnatých iontů. Nejčastěji se jedná o žluté, hnědé, červené a černé barvy. V současné době se využívají hlavně jako potravinová barviva, v jižní Asii též pro barvení látek. Jako antikoroční pigmenty se používají dva typy pigmentů na bázi taninů, tannát zinečnatý a tannát hořečnatý v kombinaci s epoxyesterovými pryskyřicemi. Korozní testy ukázaly, že tannát zinečnatý vykazuje výborné antikoroční vlastnosti v neutrálním solném prostředí. Mnoho taninů vykazuje antimikrobiální účinky, kterých se využívá právě v potravinářství. Jedná se například o deriváty kyseliny galové. Nevýhodou taninových pigmentů je omezené spektrum barev a nižší barevná stabilita oproti syntetickým pigmentům. [19, 20]



Obrázek 8. Kyselina galová [19]

1.6. Indigové pigmenty

Indigové pigmenty jsou využívány již od dob Mayské říše. Získávají se z listů indiga, ve kterých kvašením vzniká indoxyl, který oxidací vzdušným kyslíkem modrá. Oxidovaná indoxyl se nechává zreagovat s hydroxidy za vzniku solí, využívaných jako pigmenty. Indigové pigmenty se vyznačují pozoruhodnou odolností vůči počasí, světlu, kyselinám, zásadám, teplu, stejně jako biodegradaci. V současné době probíhají výzkumy zabývající se pigmentem Maya Blue, který je považován za hybridní pigment z palygorskitemu a přírodního indigového barviva. Interakce mezi palygorskitemem a indigem se předpokládá jako důvod úžasné stability Maya Blue, ale skutečná povaha této interakce není doposud odhalena. Nejuznávanějšími interakcemi jsou vodíkové vazby, van der Waalsovy síly, sterické stínění a interakce mezi indigem a oktaedrickými kationty palygorskitemu. Probíhají snahy napodobit vlastnosti pigmentu Maya Blue, zkoumá se využití jílových nanotrubic jako nosič pigmentu. Trubičky dosahují délky 0,02 mm s vnějším průměrem 190 nm. [21, 22]



Obrázek 9. Indoxyl [21]

1.7. Vrstevnaté pigmenty

V současné době probíhá vývoj takzvaných vrstevnatých pigmentů, jedná se o pigmenty zasazené do struktur z dvojitéch vrstevnatých hydroxidů. Tyto struktury by měli zajistit

zvýšenou teplotní a chemickou stabilitu. Výzkum proběhl na pigmentech Direct Yellow 50, Acid Green 25 a Acid Orange 6. Tyto pigmenty byly interkalovány do vrstevnatých hydroxidů na bázi zinku a hliníku, což zajistilo zvýšení teplotní stability a odolnosti vůči chloridovým iontům. V současnosti probíhá výzkum týkající se mechanických, optických, elektronických a iontových vlastností těchto látek. [23]

1.8. Anorganické antikorozi pigmenty

Mezi nejčastější metody ochrany kovových materiálů před korozi patří aplikace organických povlaků obsahujících antikorozi pigmenty. Antikorozi pigmenty jsou látky, které jsou se vyznačují minimální rozpustností v rozpouštědlech. Těmito látkami jsou především soli kyslíkatých kyselin a dvoumocných kovů, lze je rozdělit do pěti základních skupin. První skupinu tvoří nerozpustné pigmenty, které reagují s pojivovou složkou na bázi olejů a vytvářejí produkty, jež inhibují korozi na povrchu kovu (například suřík, ferity). Druhou skupinu představují rozpustné pigmenty, které mají schopnost uvolňovat pasivační ionty, jež ovlivňují činnost katodických a anodických míst koroziho článku na povrchu kovu (například chromové pigmenty). Třetí skupinu tvoří komplexotvorné pigmenty, které váží ionty železa vznikající v důsledku koroziho reakcí na anodických místech koroziho článku do formy koordinačních sloučenin (například molybdenany, fosforečnany). Čtvrtou skupinu představují kovové pigmenty fungující na základě katodické a elektrochemické ochrany kovu (například zinek nebo hořčík). Do poslední páté skupiny spadají zásadité pigmenty, jejichž přítomnost zvyšuje koncentraci hydroxylových iontů v systému. Tyto ionty poté společně s vodou difundují k povrchu kovu (například ZnO).

Antikorozi pigmenty lze podle mechanismu působení rozdělit do tří kategorií: chemicky působící, fyzikálně působící a elektrochemicky působící.

Chemicky působící antikorozi pigmenty, označované také jako aktivní, obsahují rozpustné složky, které umožňují udržovat konstantní hodnotu pH v organickém povlaku. Tento typ antikorozi ochrany funguje na základě reakce iontů s pojivem, kovovým podkladem nebo dalšími ionty v nátěrovém systému. Během této reakce může vzniknout nová sloučenina, která následně působí jako inhibitor koroze, což přispívá k ochraně kovového podkladu.

Fyzikálně působící antikorozi pigmenty, též nazývané neaktivní nebo pasivní, jsou chemicky inertní látky. Jejich účinkem je vytvoření bariéry, která brání průniku iontů zrychlujících korozi, jako například O_2 nebo H_2O . Bariéru tvoří jednotlivé částice pigmentu dispergované v pojivu, které jsou v co největším kontaktu, čímž výrazně snižují možnost průniku iontů kovovému podkladu. U lamelárních pigmentů je tato antikorozi ochrana ještě zesílena díky pravidelnému uspořádání částic.

Elektrochemicky působící antikorozi pigmenty způsobují pasivaci kovového povrchu. V praxi je tento mechanismus ochrany kovů před korozi omezen na použití částic práškového zinku. [24]

1.8.1. Titanová běloba

Titanová běloba alias oxid titaničitý (TiO_2), se vyskytuje ve dvou různých krystalových modifikacích v tetragonální soustavě, v rutilové a anatasové. Každoročně se vyrábí více než čtyři miliony tun titanové běloby, přičemž více než polovina této produkce je využívána v nátěrových hmotách. Titanová běloba patří mezi nejčastěji používané pigmenty díky svým

vynikajícím vlastnostem. Projevuje nejvyšší krycí schopnost mezi bílými pigmenty, je chemicky velmi stabilní a snadno se disperguje. [25]

Krystaly oxidu titaničitého se vyskytují ve třech polymorfních modifikacích, konkrétně jako rutil, anatas a brookit. V oblasti nátěrových hmot se používají pouze rutil a anatas. Rutil představuje stabilní vysoce teplotní formu, na kterou při zahřátí přechází anatas. Rutilová struktura má index lomu 2,71 a taje při teplotě 1850 °C. Vysoký index lomu titanové běloby rutilového typu, ve srovnání s ostatními bílými pigmenty, poskytuje vynikající kryvost dosahující 38 m²/kg. Díky své vysoké permitivitě se titanová běloba využívá v elektrokeramických materiálech. Dobře dispergovaná titanová běloba poskytuje efektivní ochranu proti povětrnostním vlivům, neboť nereaguje s oxidem uhličitým a siřičitým. Vykazuje také odolnost vůči slabým organickým i anorganickým kyselinám, s mírným rozpouštěním v hydroxidech. Titanová běloba je zcela netoxická, ale Evropská unie ji klasifikuje jako potenciální karcinogen. Její inertnost může způsobovat komplikace, zejména při použití alkydových pryskyřic jako pojiva, kdy částičky TiO₂ mechanicky omezují přístup vzduchu, což zpomaluje proces zasychání.

Oxid titaničitý je především využíván jako bílý pigment v nátěrových hmotách a plastech, přičemž tato odvětví spotřebují přibližně 80 % celkové produkce. Další 8 % se využívá v kosmetických produktech, tiskařských barvách, potravinách, pryžích a farmaceutickém průmyslu. Oxid titaničitý také nachází uplatnění ve výrobě skla, keramiky a solárních článků. Vedle toho bylo zkoumáno jeho použití v čištění odpadních vod a fotokatalýze. Anatasová forma titanové běloby se preferuje zejména v základních a vnitřních nátěrech, jako plnivo do plastů, papíru a umělých vláken. Rutilová forma se využívá ve venkovních nátěrech, laku na lodě a do automobilových nátěrů. [26, 27]

1.8.2. Wollastonit

Wollastonit, chemicky známý jako metakřemičitan vápenatý (CaSiO₃), často obsahuje různé nečistoty, jako jsou příměsi oxidů železa, hořčíku a hliníku. Tvoří tenké jehlicovité nebo paprskovité krystaly bílé barvy. Jeho nízký obsah vlhkosti, chemická inertnost a dobré elektrické a tepelné vlastnosti přispívají k jeho významu. V oblasti nátěrových hmot se klade důraz na minimální obsah nečistot a vysokou bělost wollastonitu. Nízká spotřeba oleje umožňuje snížení množství pojiva v systému. Díky svým optickým vlastnostem wollastonit zdůrazňuje a zjasňuje barevné odstíny nátěrových filmů. Jeho jehličkovitá struktura poskytuje výhodu pro vytváření rovnoměrné tloušťky suchého filmu a dobrý rozliv nátěrové hmoty. Wollastonit patří mezi funkční plniva s bariérovým působením; jeho jehlicovité částice se vzájemně zapadají, což zvyšuje odolnost povlaku vůči atmosférickým vlivům, zlepšuje odolnost proti abrazivnímu poškození a pozitivně ovlivňuje mechanické vlastnosti filmu. [28]

1.8.3. Oxid zinečnatý

Oxid zinečnatý, ZnO, je velmi univerzální látka, která je hojně využívána v různých odvětvích. Nachází uplatnění v elektronice, kosmetice, farmacii, potravinářském průmyslu a stavebnictví, kde slouží jako přísada do cementu a betonu. Také se využívá při výrobě kaučuku, kde urychluje vulkanizaci, a je přidáván do glazur keramiky. ZnO má rovněž významné použití jako pigment v nátěrových hmotách, kde je známý jako zinková běloba. Zinková běloba nahradila olověnou bělobu v barvách, protože je netoxická a má výborné krycí schopnosti. V současné době již není oxid zinečnatý primárním bílým pigmentem pro nátěrové hmoty, ačkoliv

je stále využíván umělci pro svou bílou barvu. Ve světě nátěrových hmot se používá spíše ojediněle, přičemž byl nahrazen titanovou bělobou. V nátěrových hmotách, zejména v exteriérových nátěrech dřeva, se stále využívá jako aditivum. Zinková běloba nachází uplatnění v antibakteriálních, antivegetativních a antikoročních barvách. Přispívá k lepší tvorbě filmu, trvanlivosti a odolnosti vůči plísním. Její inhibiční účinek spočívá v reakci s kyselými korozivními látkami, které difundují povlakem, udržování alkalického pH filmu a schopnosti absorbovat UV záření. [29, 30, 31]

Oxid zinečnatý vykazuje poměrně výrazné pigmentové vlastnosti, včetně vysoké bělosti a vynikající krycí schopnosti. Je plně kompatibilní s ostatními pigmenty, stálý při vyšších teplotách a odolný vůči UV záření. Jeho spotřeba oleje je relativně nízká v rozmezí 20–24 g/100g, hustota činí $5,6 \text{ g.cm}^{-3}$ a index lomu dosahuje hodnoty 2,03. Oxid zinečnatý je zásaditý a amfoterní, což znamená, že může reagovat jak s organickými, tak i s anorganickými kyselinami, a rozpouští se v alkalických roztocích. Snadno reaguje s kyselými plyny, jako jsou CO_2 , SO_2 a H_2S , přeměňuje se postupně v síran a uhličitán. Při vysokých teplotách může reagovat s jinými oxidy, vytvářejícími sloučeniny, například ferity zinku. Díky své zásadité povaze snadno reaguje s filmtvornými složkami kyselé povahy, což vede k houstnutí a urychlení tvrdnutí nátěrových hmot. Oxid zinečnatý je také vhodný pro směsi pigmentů, a v oblasti vývoje je kladen zvláštní důraz na antikoroční směsi pigmentů. [32, 33, 34]

Jednotlivé způsoby výroby oxidu zinečnatého lze dělit na suchý postup, a sice přímý a nepřímý suchý postup a na mokrý postup.

Výroba suchým přímým procesem, známým také jako přímý americký proces, začíná surovinami jako jsou zinkové rudy nebo sloučeniny zinku, například hydroxidy a uhličitany zinečnaté. Tyto suroviny jsou redukovány uhlím, koksem nebo případně antracitem v peci. Při teplotě 1200–1300 °C probíhá redukce zinku, který přechází do par (bod varu 920 °C), a za přítomnosti nadbytku vzduchu je oxidován na oxid zinečnatý, tedy zinkovou bělobu. Čistota produktu v této metodě obvykle bývá nižší ve srovnání s nepřímým postupem, především z důvodu nedostatku kvalitních rud a nižší kvality výsledného produktu, do kterého mohou přecházet těkavé příměsi z rudy.

Druhým suchým způsobem výroby je tzv. nepřímý francouzský proces, který je rozšířenější, ale dražší než přímý proces. Surovinou pro tento proces je kovový zinek, který se kontinuálně taví a odpařuje v rotační peci vyzděné šamotem, nejčastěji vytápěné plynem. Použitím čistého topného plynu se zajišťuje potřebná čistota spalin, což minimalizuje znečištění výsledného produktu. V spalovacím kanálu, kam je přiveden přehřátý vzduch, dochází k oxidaci zinkových par. Jedná se o silně exotermní reakci, a teplota stoupá až na 1200 °C, což vede k růstu mikrokryсталů oxidu zinečnatého. Formu a velikost krystalů lze ovlivnit podmínkami oxidace. Volbou rozměrů spalovacího kanálu lze regulovat teplotní spád a rychlost proudění, což umožňuje dosáhnout optimálních rozměrů krystalů oxidu zinečnatého. Vytvořené mikrokryсталky putují do řady usazovacích komor, kde probíhá rozdělení částic podle jejich velikosti.

Mokré postupy výroby mají omezený význam. Zinek se zde sráží jako hydroxid nebo uhličitán z roztoků zinečnatých solí pomocí hydroxidu nebo sody. Sraženiny jsou filtrovány, omyty a sušeny. K získání pigmentu je následně nezbytná kalcinace. [33, 36]

1.8.4. Fosforečnan zinečnatý

Fosforečnany se považují za netoxické pigmenty. Nejvíce využívané pigmenty z této skupiny jsou fosforečnan hlinitý, fosforečnan barnatý, trifosforečnan hlinitý, fosforečnan chromitý a fosforečnan zinečnatý. Fosforečnan zinečnatý se aktuálně využívá hlavně pro antikorozi působení v nátěrových hmotách. Výroba fosforečnanu zinečnatého se spoléhá na srážení zinečnatých solí v kyselině fosforečné, nebo srážením zinečnatých solí a rozpustných fosforečnanů, případně vodné suspenze oxidu nebo uhličitanu zinečnatého s kyselinou fosforečnou. Výsledek tohoto procesu má složení $Zn_3(PO_4)_2 \cdot xH_2O$, jedná se o tetrahydrát nebo dihydrát. Tímto způsobem připravené a nemodifikované fosforečnany představují první generaci fosforečnanů, aktuálně jsou na trhu tři generace. Druhá generace je modifikována chemicky a třetí chemicky i strukturně.

Fosforečnan zinečnatý je náchylný na působení chloridových a síranových iontů. Protikorozi ochrana spočívá na působení vlhkosti, která způsobí pomalou a postupnou hydrolyzu fosfátu za vzniku hydroxidu zinečnatého a sekundárních fosfátových iontů schopných vytvářet ochranné vrstvy hlavně v anodické oblasti koroze. [32]

1.8.5. Oxid hořečnatý

Oxid hořečnatý se vyskytuje jako minerál ve formě bílé pevné látky. MgO je chemicky inertní. Získává se z dolomitu serpenitu, magnezitu, minerální soli a mořské vody. Uměle se syntetizuje srážením z oxidu vápenatého. Využívá se hlavně jako inhibitor koroze pro vysokoteplotní kotle, díky své vysoké teplotní stabilitě. Využívá se také proti korozi způsobené mořskou vodou. Způsob ochrany probíhá ve dvou krocích. V prvním kroku nastává katodický způsob ochrany, ve druhém kroku se vytváří bariéra tvořená korozními zplodinami MgO. Pokud dojde k narušení ochranné vrstvy a průniku k podkladu, vytvoří se katodické oblasti v nichž se redukuje vodík. Při transportu hořčičkových iontů do těchto oblastí dojde k vysrážení iontů v podobě $Mg(OH)_2$ a MgO, což zvýší pH v okolí. Následuje tvorba porézní vrstvy. Porézní vrstva je velmi odolná vlivu alkalického prostředí, vlivem vzdušné vlhkosti se hydroxid hořečnatý mění na uhličitan, který protikorozi vlastnosti ještě více vylepšuje. Vlivem kyselého prostředí se tvoří korozní produkty, které korozi napomáhají. Oxidem hořečnatým se nahrazuje oxid zinečnatý v aplikacích vyžadujících nízkou hmotnost, jako je letectví nebo automobilový průmysl. Také se využívá toho, že MgO je na rozdíl od ZnO netoxický pro vodní organismy. [37]

1.9. Ochranné nátěrové systémy

Všechny ocelové konstrukce opatřené organickými povlaky, které jsou vystavené vlivu atmosférických podmínek vyžadují pravidelnou údržbu, či celkovou obnovu nátěrových systémů. Do přibližně druhé poloviny 20. století byly pro obnovu ocelových konstrukcí využívány hlavně nátěrové systémy s obnovitelnými olejovými pojivy. Mimo suříku byly jako účinné antikorozi složky používány pigmenty obsahující chromanový anion. Tyto nátěrové systémy prokazovaly dlouhodobý ochranný účinek, a to i přes to, že tloušťky nátěrů zřídka přesahovaly 150 μm . Následně, v reakci na ekologické vlivy na společnost, byly tyto účinné, avšak toxické složky odstraněny a nahrazeny novými netoxickými antikorozi pigmenty. Tyto nové materiály avšak nedokázaly poskytnout dlouhodobou protikorozi ochranu ocelovým povrchům při tloušťkách nátěrového systému srovnatelných s již zakázanými nátěrovými systémy. Technickým řešením tohoto problému bylo používání nátěrových systémů

s tloušťkami kolem 200 μm pro korozní prostředí C3 a tloušťkami okolo 300–400 μm pro korozní prostředí C5, podle specifikace konkrétního nátěru. [38]

Nadále se však používal zinkový prach a molybdenany. Zatímco zájem o molybdenany pozvolna opadl, kvůli jejich vysoké ceně, zinkový prach se využívá doposud.

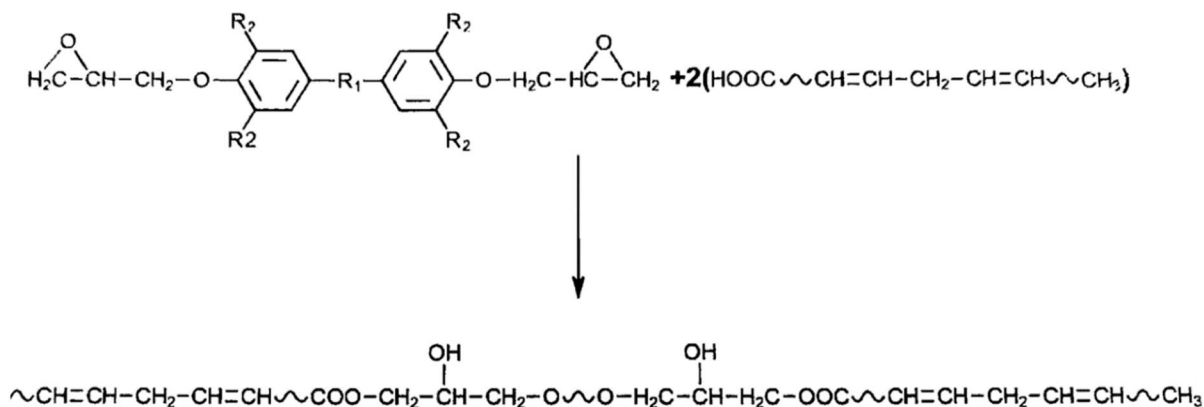
S ohledem na kategorie korozních prostředí se pro ochranu ocelových konstrukcí používají různé typy nátěrových systémů v závislosti na očekávané odolnosti a známých vlastnostech. Mezi nátěrové hmoty určené pro uhlíkovou ocel patří alkydové, akrylátové a ethylsilikátové nátěry, stejně jako nátěry na bázi epoxidů, polyuretanů, polyaspartátů a polysiloxanů. Tyto nátěrové systémy se skládají ze základního nátěru, mezivrstev a vrchního nátěru. Úkolem základního nátěru je zajistit dostatečnou přilnavost nejen k hrubému a vyčištěnému kovu, ale i k ostatním vrstvám nátěru. Jako základní nátěry se často používají nátěry s vysokým obsahem zinkového prachu. Nátěry obsahující zinkový prach najdou široké využití jak samostatně, tak ve spojení s vrchními vrstvami. V první fázi chrání zinkový nátěr ocelový povrch před účinky korozního prostředí, zejména elektrochemickou – katodickou ochranou. Částice zinku korodují v důsledku působení korozního prostředí, což vede k vytvoření korozních produktů, které utěsní póry v nátěru. V následné fázi je ocelový povrch chráněn bariérovým mechanismem ochrany. [37, 38]

1.9.1. Epoxyesterové nátěry

Epoxyesterová pryskyřice je polymerní materiál, který vzniká reakcí epoxidových skupin s kyselými skupinami v molekulách polyesterů. Tato reakce vede k vytvoření třídímenzionální sítě, což znamená, že vzniklý materiál je termoplastický, ale po vytvrzení dosahuje termosetových vlastností, což znamená, že se stává pevným a odolným vůči teple a chemikáliím.

Epoxyesterové pryskyřice nacházejí využití jako pojiva, lepidla, laminované desky a elektroizolační laky. Proces vytvrzování probíhá oxopolymeračním mechanismem. V mnoha případech postačuje vzdušný kyslík k vytvrzení, ale většinou se přidává sikační činidlo, jako jsou peroxidy a hydroperoxidy, aby se urychlil proces vytvrzování. Kyslík interaguje s uhlíkem v sousedství dvojité vazby v nenasyčené mastné kyselině, vytváří se hyperperoxidy, které následně reagují a vytvářejí vazby mezi mastnými kyselinami v pryskyřici.

Epoxyesterové pryskyřice se vytvrzují reakcí s tří-funkční karboxylovou kyselinou, čímž vzniká rozsáhlá polymerní síť. Jestliže je karboxylová skupina nahrazena mastnou kyselinou, která může být nevysychavá, polovysychavá nebo vysychavá, vznikají takto esterifikací epoxyestery (viz Rovnice 1). Tyto pryskyřice kombinují chemickou odolnost, výbornou adhezi na epoxidové pryskyřice, pružnost a zpracovatelnost s vlastnostmi nenasyčených polyesterů. [39]

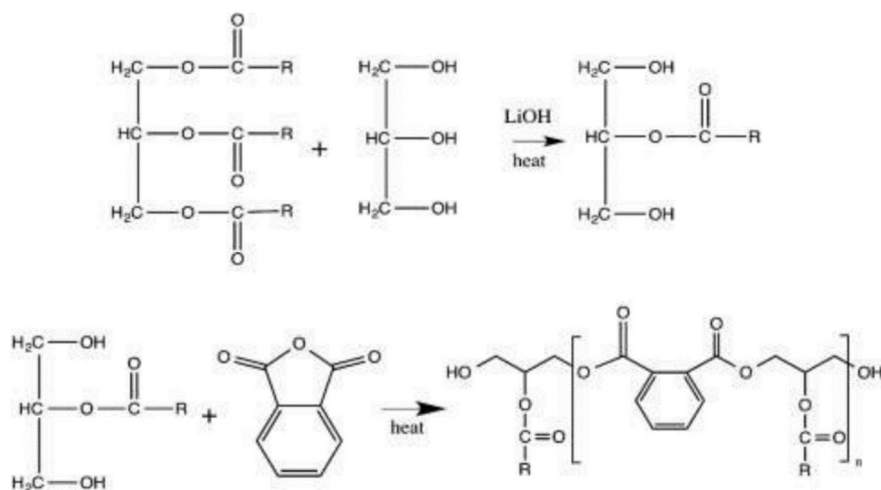


Obrázek 10. Výroba epoxyesterové pryskyřice

1.9.2. Alkydové nátěry

Alkydová pryskyřice, jako speciální druh polyesteru na biologické bázi, nachází využití jako nátěrový materiál již více než sto let. V současné době roste zájem o alkydové pryskyřice zejména díky jejich dostupnosti, že většina surovin pro jejich výrobu pochází z mastných kyselin sójového oleje a glycerolu, což zajišťuje obnovitelný zdroj nezávislý na ropě. Alkydové pryskyřice tak představují ideální základ pro výrobu kvalitních nátěrových hmot určených pro průmyslové a dekorativní aplikace s vysokými požadavky na konečné vlastnosti, a to s ohledem na jejich surovinovou nezávislost na petrochemickém průmyslu. Oproti jiným pryskyřicím mají alkydy mnoho výhod, včetně nízké ceny, relativně jednoduché aplikace, dobré přilnavosti, vynikajícího lesku a odolnosti vůči rozpouštědlům. Avšak s sebou nesou i několik nevýhod, jako je omezená odolnost vůči vodě, dlouhá doba sušení a nízká tvrdost povrchu. Nemodifikované alkydy jsou pouze omezeně rozpustné a často vykazují nedostatečné filmtvorné vlastnosti. Modifikace mastnými kyselinami s dlouhými alifatickými řetězci umožňuje dosažení dobré rozpustnosti v běžných lakařských rozpouštědlech a současně využití vynikající filmtvornosti rostlinných olejů s síťující schopností alkydů. Vlastnosti alkydového nátěrového filmu jsou ovlivněny typem mastné kyseliny nebo oleje použitého při výrobě alkydové pryskyřice, přičemž nenasycené mastné kyseliny mají hlavní vliv na dobu zasychání. [40, 41]

Alkydové pryskyřice jsou polymery vytvořené kondenzační reakcí dvojsytných kyselin, vícesytných alkoholů a mastných kyselin. Název "alkyd" odvozen od složení, zahrnující alkoholy a kyseliny, odkazuje na polyestery modifikované jednosytnými mastnými kyselinami. Tyto pryskyřice se obvykle vytvářejí v dvoustupňovém "monoglyceridovém procesu", kde prvním krokem je transesterifikace triglyceridového oleje s glycerolem, čímž vzniká monoglycerid. Monoglycerid je následně postupně rozšířen a polymerizován s dvojsytnými kyselinami, což vede k vytvoření polyesterové kostry alkydu. Přidání mastné kyseliny přispívá k autooxidačnímu zesílení, což postupně přeměňuje alkyd z tekutého stavu na pevný film. Tento autooxidační proces je obvykle katalyzován kovovými sítivými. [40, 41]



Obrázek 11. Syntéza alkydových pryskyřic monoglyceridovým procesem

1.9.3. Epoxidové nátěry

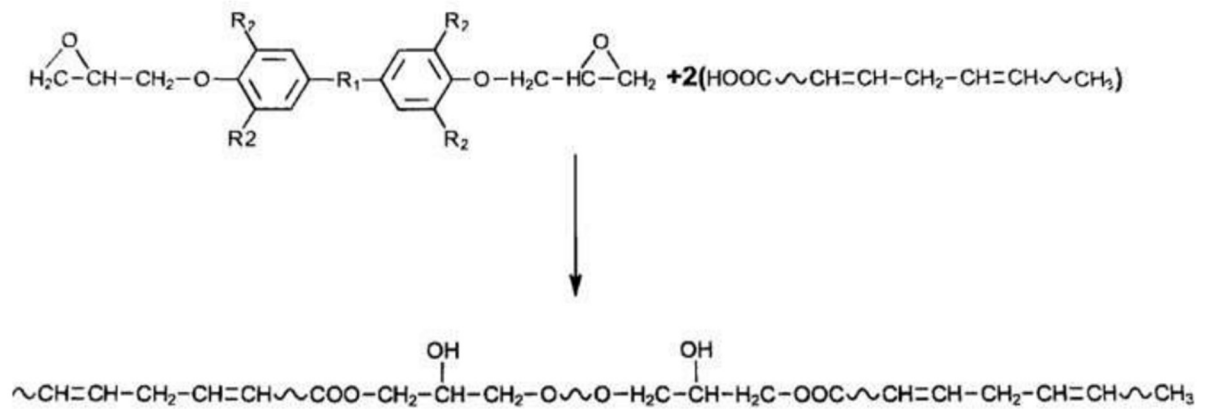
Epoxidové pryskyřice jsou látky, které obsahují více než jednu oxiranovou skupinu ve své molekule, což jim dodává vysokou reaktivitu. Tuto reaktivitu lze využít k vytvoření zesíťného makromolekulárního produktu. Díky vysokému počtu hydroxylových skupin v molekule projevují vynikající adhezni vlastnosti. Tyto vlastnosti jsou využívány při výrobě nátěrových hmot pro různé povrchy, včetně skla, keramiky, dřeva a kovů, a také při výrobě lepidel. Epoxidové pryskyřice jsou charakterizovány vysokou odolností vůči vodě, kyselinám, zásadám a rozpouštědlům. Díky těmto vlastnostem jsou vhodné pro povrchové úpravy v automobilovém průmyslu a v lodním průmyslu. Jejich nevýhodou však může být nižší odolnost vůči povětrnostním podmínkám ve srovnání s jinými typy pryskyřic, jako jsou například alkydové pryskyřice. Navíc epoxidové povlaky nemusí zachovávat stejnou mechanickou stabilitu a ochrannou účinnost při dlouhodobějším teplotním zatížení. [42, 43]

První generace vodou ředitelných epoxidů využívala tekuté epoxidové pryskyřice založené na diglycidyletheru – bisfenolu A a vodou rozpustného aminového tvrdidla, které současně sloužilo i jako emulgační činidlo. Na tomto základě byly vyvinuty nátěrové hmoty, které byly vhodné zejména pro beton, zdivo a jako základní nátěry v mírných průmyslových oblastech. Oproti rozpouštědlovým systémům měly výhody v nízkých hodnotách VOC, zkrácené době nanášení, lepší přilnavosti na vlhký beton a vyšší odolnosti vůči otěru a úderu. Nevýhodou však zůstávalo, že nebyly vhodné pro aplikaci na kovové substráty, zejména kvůli jejich omezené odolnosti vůči korozi. [42, 44]

Druhá generace vodou ředitelných epoxidů vznikla z nutnosti aplikace epoxidů na ocelové povrchy. Tyto systémy byly postaveny na vodních disperzích pevných vysokomolekulárních pryskyřic, které byly vytvrzovány aminy. Díky vyšší molekulové hmotnosti se tyto systémy vyznačovaly rychlejším schnutím a významně kratší dobou zpracování. Vzhledem k tomu, že pojiva byla ve formě disperze, již nebylo potřeba, aby tvrdidlo plnilo také funkci emulgátoru. Tímto způsobem byly vodou ředitelné systémy obohaceny o hydrofobní tvrdidla, což přispělo k jejich zvýšené odolnosti vůči korozi a působení vody. [45, 46]

Třetí generace vznikla v osmdesátých letech minulého století. Tyto systémy byly vyvinuty na základě polyfunkčních epoxidových disperzí o střední molekulové hmotnosti, které

byly kombinovány s tvrdidly na bázi aminových aduktů. Díky spojení polyfunkční epoxidové pryskyřice s polyfunkčním tvrdidlem došlo k vyšší hustotě zesílení a tím i k zvýšené odolnosti nátěrového filmu. Tím bylo dosaženo možnosti aplikace těchto systémů na kovové substráty, přičemž korozní odolnost byla přibližně srovnatelná s rozpouštědlovými systémy. [46, 47]



Obrázek 12. Výroba epoxyesterové pryskyřice

2. EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

2.1. Cíl práce

Předmětem této diplomové práce bylo připravit, naformulovat, aplikovat a testovat nátěrové hmoty na bázi epoxyesterové pryskyřice, alkydové pryskyřice a epoxidové pryskyřice s organickými pigmenty obsahujícími hořečnatý a zinečnatý iont. Bylo zkoumáno, jestli pigmenty prokazují synergické účinky, které by vedly ke zlepšení chemických, mechanických a antikoročních vlastností. Také byl studován vliv chemické struktury a hodnoty OKP pigmentu na chemické, fyzikálně-mechanické a korozní odolnost vytvořených povlaků.

Nejdříve byla provedena syntéza organických pigmentů, jednalo se o nitroso-beta-naftol zinečnatý, nitroso-beta-naftol hořečnatý, n-dodecylaspargát hořečnatý, n-dodecylaspargát zinečnatý a n-oktylaspargát zinečnatý. Získané pigmenty byly upraveny metodou mokrého mletí v planetovém mlýnu.

Byla provedena charakterizace organických pigmentů, byla zjištěna jejich hustota, olejové číslo, hodnota KOKP, byla provedena jejich elementární analýza a analýza pomocí rentgenové krystalografie, tvar částic byl analyzován pomocí rastrovacího elektronového mikroskopu. Dále bylo vyhodnoceno jejich pH a měrná elektrická vodivost v závislosti na čase, obsah vodou rozpustných látek a hmotnostní korozní úbytky.

Z takto pigmentů byly následně naformulovány, a poté připraveny modelové nátěrové hmoty na bázi epoxyesterové pryskyřice, alkydové pryskyřice a epoxidové pryskyřice. Před formulací byl stanoven obsah sušiny použitých pryskyřic. Jako standardy byly naformulovány nátěrové hmoty obsahující anorganické pigmenty, jednalo se o oxid hořečnatý, fosforečnan zinečnatý, oxid zinečnatý, titanovou bělobu rutilového typu a křemičitan vápenatý. Nátěrové hmoty s pojivem epoxyesterovou pryskyřicí měly hodnotu OKP 1, 5 a 10 %, nátěrové hmoty s pojivem alkydovou a epoxidovou pryskyřicí měly hodnotu OKP 10 %. Hodnota Q pro modelové nátěrové hmoty byla 20.

Připravené nátěrové hmoty byly poté aplikovány na ocelové a skleněné panely a byly studovány jejich fyzikálně – mechanické vlastnosti a mechanická odolnost. Byla stanovena relativní povrchová tvrdost, Buchholtzova vrypová zkouška, byl vyhodnocen lesk, MEK test, změny barevnosti, pH, měrná elektrická vodivost a hmotnostní korozní úbytky. Dále byla hodnocena odolnost nátěrového filmu proti hloubení, ohybu, padajícímu závaží a stanovena přilnavost filmu ku podkladu pomocí mřížkové metody.

Povlaky byly též podrobeny řadě cyklických korozních testů, v atmosférách SO₂, H₂O a QUV/NaCl/Teplota pod bodem mrazu. Korozní odolnost byla také studována metodou lineární polarizace. Dále bylo provedeno i časové vyhodnocení odolnosti povlaků vůči působení elektrolytu o různých hodnotách pH (2-12).

Závěrem práce bylo zhodnocení získaných výsledků, jejich porovnání s použitými anorganickými standardy a určení aplikace vhodné pro dané organické povlaky.

2.2. Charakterizace surovin

2.2.1. Organické pigmenty

Název: Nitroso-beta-naftol hořečnatý

Vzorec: C₂₀H₁₂N₂O₄Mg

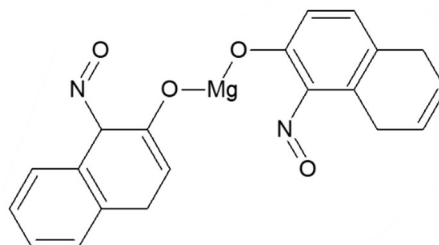
Původ: Vyrobeno na Ústavu organické chemie a technologie Univerzity Pardubice

Molekulová hmotnost: 508,695 g/mol

KOKP: 63,7

Olejové číslo: 37,98 g/100 g pigmentu

Hustota: 1,40 g/cm²



Název: n-dodecylaspargát hořečnatý

Vzorec: C₁₆H₂₉N₁O₄Mg

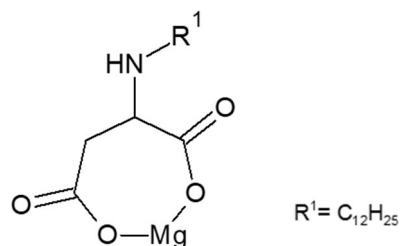
Původ: Vyrobeno na Ústavu organické chemie a technologie Univerzity Pardubice

Molekulová hmotnost: 323,711 g/mol

KOKP: 88,1

Olejové číslo: 11,80 g/100 g pigmentu

Hustota: 1,06 g/cm²



Název: Oktylaspargát zinečnatý

Vzorec: C₁₂H₂₁N₁O₄Zn

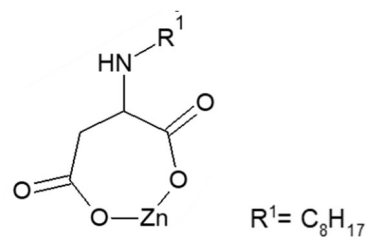
Původ: Vyrobeno na Ústavu organické chemie a technologie Univerzity Pardubice

Molekulová hmotnost: 308,679 g/mol

KOKP: 77,6

Olejové číslo: 19,83 g/100 g pigmentu

Hustota: 1,52 g/cm²



Název: n-dodecylaspargát zinečnatý

Vzorec: $C_{16}H_{29}N_1O_4Zn$

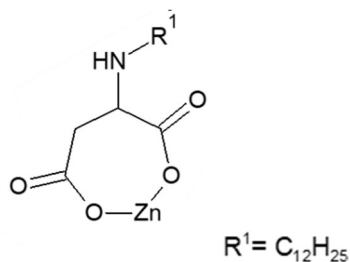
Původ: Vyrobeno na Ústavu organické chemie a technologie Univerzity Pardubice

Molekulová hmotnost: 364,786 g/mol

KOKP: 77,4

Olejové číslo: 22,87 g/100 g pigmentu

Hustota: 1,18 g/cm²



Název: Nitroso-beta-naftol zinečnatý

Vzorec: $C_{20}H_{12}N_2O_4Zn$

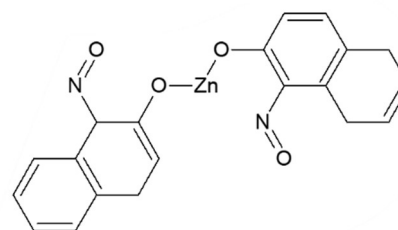
Původ: Vyrobeno na Ústavu organické chemie a technologie Univerzity Pardubice

Molekulová hmotnost: 549,770 g/mol

KOKP: 60,3

Olejové číslo: 39,97 g/100 g pigmentu

Hustota: 1,53 g/cm²



2.2.2. Další pigmenty a plniva

Název: Oxid hořečnatý, VK-Mg30F

Vzorec: MgO

Původ: Sigma Aldrich s.r.o, USA

Název: Fosforečnan zinečnatý

Vzorec: $Zn_3(PO_4)_2$

Původ: Sigma Aldrich s.r.o, USA

Název: Oxid zinečnatý

Vzorec: ZnO

Původ: Slovák Košeca a.s., Slovensko

Název: Titanová běloba rutilového typu

Vzorec: TiO₂

Původ: Precheza a.s., Česká republika

Název: Wollastonit KS-3

Vzorec: CaSiO₃

Původ: Minko a.s., Česká republika

2.2.3. Další použité chemikálie

Pojivo Worlée Dur D46

Složení: epoxyesterová pryskyřice (60g epoxid, 40% konjugované MK tungového oleje)

Rozpouštědlo: xylén

Hustota: 1,07 g·cm⁻³

Sušina: 60 %

Původ: Worlée-Chemie GmbH, Německo

Sikativ: Nuodex combi APB

Složení: Sikativ s obsahem Co, Zr a Ca

Původ: Huntsman pigments and aditives, USA

CHS EPOXY 210x75

Složení: Epoxidová pryskyřice na bázi bisfenolu A a epichlorhydrinu

Rozpouštědlo: xylén-butanol

Hustota: 1,09 g·cm⁻³

Sušina: 55 %

Původ: Spolchemie a.s., Ústí nad Labem

Telalit 180

Složení: Rozpouštědlový roztok aduktu epoxidové pryskyřice se směsí aminů

Hustota: 1,08 g·cm⁻³

Sušina: 50 %

Původ: Spolchemie a.s., Ústí nad Labem

CHS-ALKYD SU 830 N 85

Složení: Alkydová pryskyřice

Rozpouštědlo: xylol

Hustota: 1,01 g·cm⁻³

Sušina: 85 %

Původ: Spolchemie a.s., Ústí nad Labem

2.2.4. Chemikálie použité pro syntézu organických pigmentů

Maleinanhydrid, hydroxid sodný, dodecylamin, chlorid zinečnatý, oktylamin, beta naftol, dusitan sodný, kyselina sírová, kyselina amidosulfonová.

2.3. Použité přístroje

2.3.1. Přístroje použité pro přípravu a studium pigmentů

Laboratorní váhy (KERN & Sohn GmbH, Německo), analytické váhy (OHAUS, Švýcarsko), planetový mlýn (Pulversite 6, Frisch, Německo), heliový pyknometr (Autopyknometr 1340, Micromeritics, USA).

2.3.2. Přístroje a pomůcky použité pro přípravu nátěrových hmot, nátěrových filmů a pro studium jejich vlastností

Příprava nátěrových filmů

Disolver (DISPERMAT, Donventa AG, Švýcarsko). Předdispergační zařízení (Eurostar Power-B, IKA-Werke GmbH & Co. KG, Německo), polyamidové síto (Uhelon 45S s velikostí ok 162 μm, Česká republika), krabicové nanášecí pravítko se štěrbinou 150 a 200 μm.

Stanovení mechanických vlastností organických povlaků

Kyvadlový přístroj typu Persoz (Automatic 500, Belgie), přístroj na stanovení odolnosti úderem (Elcometr K1542 Impact tester), přístroj na stanovení odolnosti proti ohybu (Německo), Erichsenův přístroj na stanovení odolnosti hloubením (Erichsen, Německo), řezací nůž pro stanovení přilnavosti 5x1 mm a 5x2 mm (Cross cut, Elcometr), tloušťkoměr (MINITEST 1100, ElektroPhysik, Německo), leskoměr (micro-TRI-gloss), třibodové mechanické měřidlo tloušťky (BYK GARDNER, Německo), odtrhový přístroj (COMTEST OP3P, Coming plus a. s., Praha), Pig universal/mod 3410 Buchholz (Německo), Soni DCS HX 60V Cyber Shot (Japonsko), optický mikroskop (Nicon Eclipse LV100, Japonsko).

Stanovení korozních a jiných vlastností organických povlaků

Solná komora SKB 400 A-TR-Touch (Liebisch, Německo), korozní komora s obsahem SO₂ - Box korozní KB 300 (Liebisch, Německo), přenosný pH metr (WTW 320, Německo), konduktometr (Handylab LF1, Schott, Německo), Kondenzační box – QUV/Se, (Q-Lab, Anglie), Spektrofotometr USPRO-2 (HunterLab, USA), Potenciostat VSP-300 (Biologic, Francie), Kondenzační komora KB 400 MTR-A (Liebisch, Německo).

2.3.3. Podklady pro přípravu nátěrových filmů

Kovové panely pro korozní a mechanické testy

Pro korozní zkoušky v atmosféře s obsahem solné mlhy, oxidu siřičitého a povšechné kondenzace byly použity Q-panely o rozměrech 152x102x0,81 mm (typ S46). Jedná se o ocelové panely, jejichž povrch je broušený pomocí brusiva z jedné strany, drsnost (Ra) dosahuje hodnoty 0,5-1,15 μm. Tyto plechy obsahují maximálně 0,60 % manganu, 0,15 % uhlíku, 0,030 % fosforu a 0,035 % síry.

Pro metodu lineární polarizace byly použity ocelové panely QD24 o rozměrech 102x51x0,51 o drsnosti (Ra) < 0,5 μm.

Pro mechanické účely byly použity za studena válcované ocelové panely (DC01) o rozměrech 215x45x0,81 mm. Tyto panely mají broušený povrch o drsnosti (Ra) 0,5-1,15 μm. Tyto panely obsahují maximálně 0,60 % manganu, 0,12 % uhlíku, 0,045 % fosforu a 0,045 % síry.

Skleněné panely

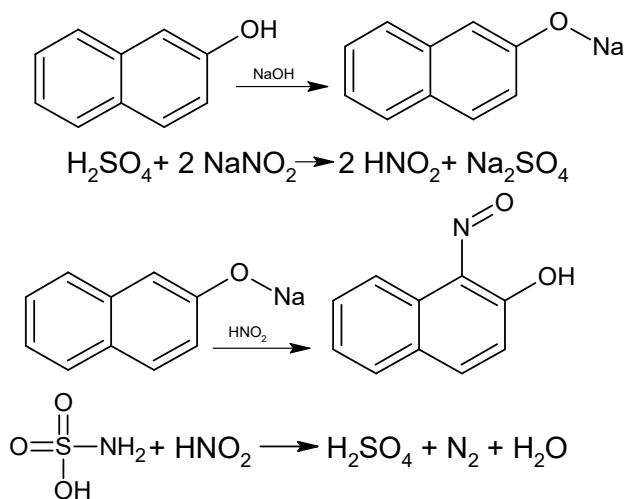
Pro přípravu zkušebních nátěrů byla použita skla o rozměrech 200x100x30 mm. Skla byla před aplikací nátěrové hmoty očištěna a odmaštěna chloroformem.

2.4. Syntéza organických pigmentů

Syntéza nitroso-beta-naftolu zinečnatého

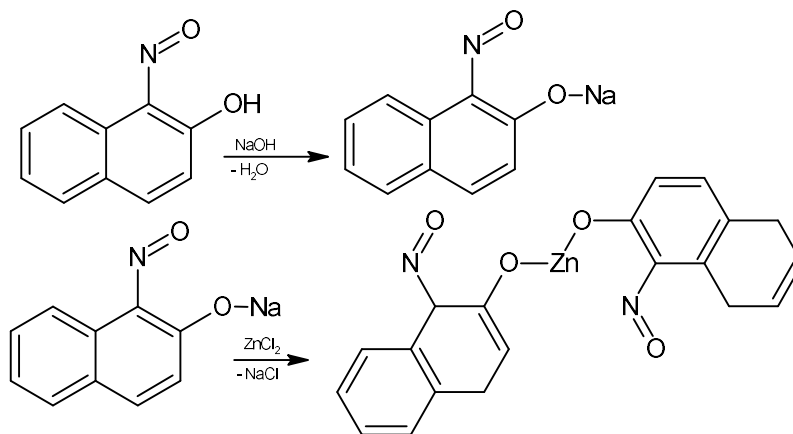
Syntéza probíhala ve dvou krocích, v první části došlo k nitrosaci beta-naftolu na nitroso-beta-naftol. Ve druhé části došlo k reakci nitroso-beta-naftolu s chloridem zinečnatým za vzniku nitroso-beta-naftolu zinečnatého.

Do kádinky bylo vloženo 21,63 g 2-Naftolu do 300 ml destilované vody a bylo přidáno 6,84g NaOH ve formě vodného roztoku. Směs byla zahřáta na 50 °C, do rozpuštění všech pevných komponent. Po rozpuštění naftolu bylo přidáno 10,76 g NaNO₂ a ledem a vodou byl objem doplněn na 500 ml, kde roztok měl teplotu 0 – 5 °C. Pomalu bylo přikapáváno 19 g dvacetiprocentní H₂SO₄. Teplota byla udržována (externí chlazení, nádoba s ledem acetonem a solí) do 5 °C. Reakce byla ukončena po 2 hodinách míchání. Nadbytek dusitanu byl neutralizován pomocí amidosulfonové kyseliny. Produkt nebyl izolován.



Obrázek 13. Syntéza nitroso-beta-naftolu

Do reakční směsi neizolovaného nitroso-beta-naftolu bylo přidáno 10,22 g ZnCl₂. Následně do reakční směsi bylo přidáno 6,84 g NaOH ve formě roztoku, aby byla reakční směs neutrální. Reakční směs byla cca 1 hodiny míchána při teplotě 50 °C, produkt byl zfiltrován, dobře promyt vodou. Zfiltrovaný produkt byl znovu rozmíchán ve vodě, povařen při 50 °C a opět zfiltrován. Produkt byl sušen při teplotě 65 °C.

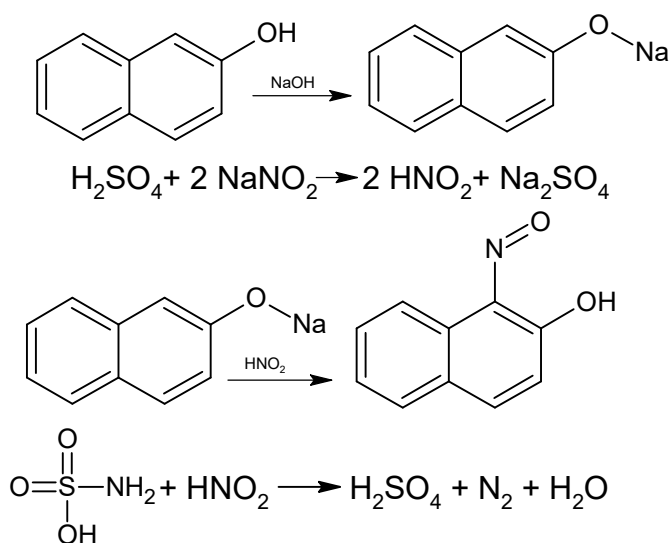


Obrázek 14. Syntéza nitroso-beta-naftolu zinečnatého

Syntéza nitroso-beta-naftolu hořečnatého

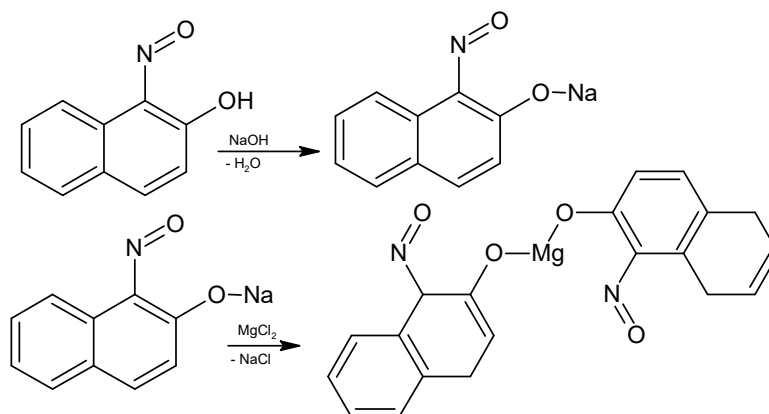
Syntéza probíhala ve dvou krocích, v prvním kroku došlo k nitrosaci beta naftolu na nitroso-beta-naftol. Ve druhé části došlo k reakci nitroso-beta-naftolu s chloridem zinečnatým za vzniku nitroso-beta-naftolu hořečnatého.

Do kádinky bylo vloženo 21,63 g 2-Naftolu do 300 ml destilované vody a bylo přidáno 6,84g NaOH ve formě vodného roztoku. Směs byla zahřata na 50 °C, dokud vznikl roztok. Po rozpuštění naftolu bylo přidáno 10,76 g NaNO₂ a ledem a vodou byl objem doplněn na 500 ml, kde roztok měl teplotu 0 – 5 °C. Pomalu bylo přikapáváno 19 g dvacetiprocentní H₂SO₄. Teplota byla udržována (externí chlazení, nádoba s ledem acetonem a solí) do 5 °C. Reakce byla ukončena po 2 hodinách míchání. Nadbytek dusitanu byl neutralizován pomocí amidosulfonové kyseliny. Produkt nebyl izolován.



Obrázek 15. Syntéza nitroso-beta-naftolu

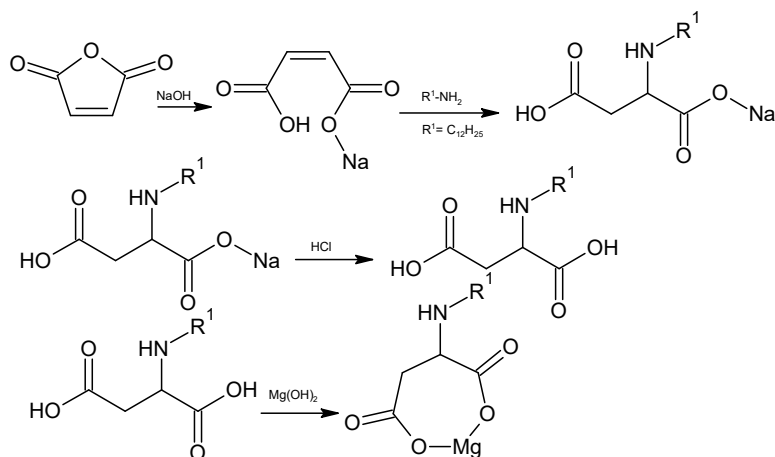
Do reakční směsi neizolovaného nitroso-beta-naftolu bylo přidáno 7,14 g MgCl₂. Následně do reakční směsi bylo přidáno 6,84 g NaOH ve formě roztoku, aby byla reakční směs neutrální. Reakční směs byla cca 1 hodiny míchána při teplotě 50 °C, produkt byl zfiltrován, dobře promyt vodou. Zfiltrovaný produkt byl znovu rozmíchán ve vodě, povařen při 50 °C a opět zfiltrován. Produkt byl sušen při teplotě 75 °C.



Obrázek 16. Syntéza nitroso-beta-naftolu hořečnatého

Příprava n-dodecylaspargátu hořečnatého

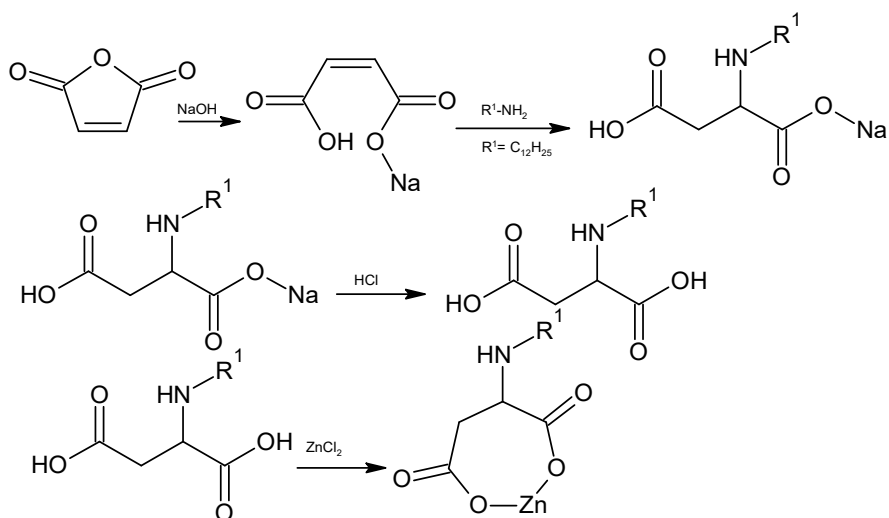
Ve 40 g vody bylo rozpuštěno 9,8 g maleinanhydridu. Ke směsi byl přidán roztok 4 g hydroxidu sodného v 30 g vody. Ještě za horka bylo do směsi přidáno 13 g dodecylaminu. Směs byla zahřívána při teplotě 80 °C a za stálého míchání po dobu 5 hodin. Poté byla reakční směs přendána z baňky a ochlazená v ledové lázni. Následně byla směs vytitrována na monosodnou sůl pomocí 35 % kyseliny chlorovodíkové. K neizolované N-dodecylaspargátové kyselině byl přidán $Mg(OH)_2$. Směs byla míchána 2 hodiny, následovala filtrace, produkt byl sušen při 75 °C.



Obrázek 17. Syntéza n-dodecylaspargátu hořečnatého

Příprava n-dodecylaspargátu zinečnatého

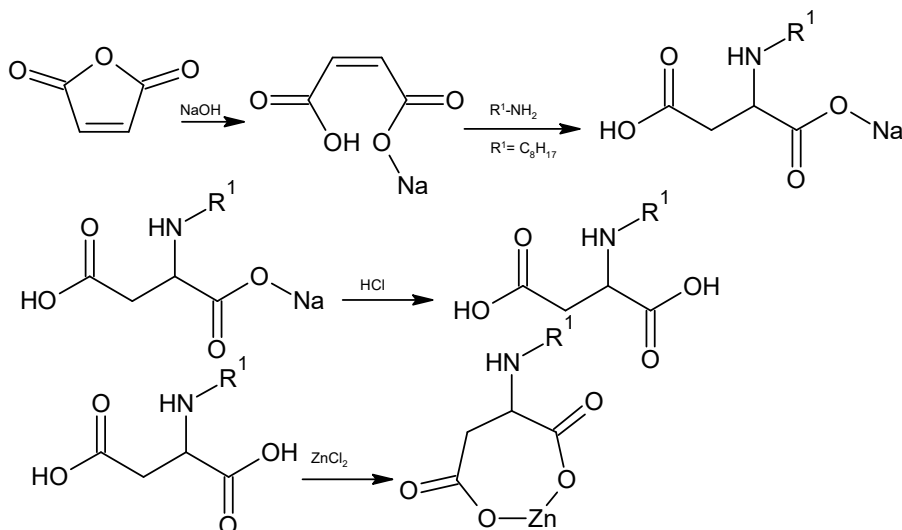
Ve 40 g vody bylo rozpuštěno 9,8 g maleinanhydridu. Ke směsi byl přidán roztok 4 g hydroxidu sodného v 30 g vody. Ještě za horka bylo do směsi přidáno 13 g dodecylaminu. Směs byla zahřívána při teplotě 80 °C za stálého míchání po dobu 5 hodin. Poté byla reakční směs předložena do kádinky a převedena na disodnou sůl pomocí 4 g NaOH. K neizolované N-dodecylaspargátové kyselině bylo přidáno 9,54 g $ZnCl_2$. Směs byla míchána 2 hodiny, následovala filtrace, produkt byl sušen při 75 °C.



Obrázek 18. Syntéza n-dodecylaspargátu zinečnatého

Příprava n-oktylaspargátu zinečnatého

Ve 40 g vody bylo rozpuštěno 14,71 g maleinanhydridu. Ke směsi byl přidán roztok 6 g hydroxidu sodného v 30 g vody. Ještě za horka bylo do směsi přidáno 13,57 g oktylaminu. Směs byla zahřívána při teplotě 80 °C za stálého míchání po dobu 5 hodin. Poté byla reakční směs přelita z baňky do kádinky a vložena do ledové lázně. Následně byla reakční směs převedena na disodnou sůl pomocí 6 g NaOH. K neizolované N-oktylasparagové kyselině bylo přidáno 14,31 g ZnCl₂. Směs byla míchána 2 hodiny, následovala filtrace, produkt byl sušen při 75 °C.



Obrázek 19. Syntéza n-oktylaspargátu zinečnatého

2.5. Specifikace vlastností pigmentů na základě fyzikálně-chemických veličin

2.5.1. Stanovení hustoty pigmentů

Hustota pigmentu je rozhodující parametr, který určuje následnou použitelnost pigmentu v nátěrových hmotách, využívá se i pro posouzení druhu a čistoty zkoumaného pigmentu. [9] Měrná hmotnost byla měřena pomocí plynového autopyknometru. Analýza spočívá měření objemu plynu (helium), který je vytěsněn vzorkem pigmentu. Před použitím byl vždy pyknometr kalibrován za pomoci kalibračních kovových kuliček známého objemu. Na analytických vahách bylo poté zváženo konkrétní množství pigmentu a na základě rozdílnosti objemů přístroj určil hodnotu hustoty jednotlivých pigmentů. Stanovení hustoty bylo provedeno jak u organických pigmentů, tak i u srovnávacích látek a plniva.

2.5.2. Stanovení obsahu vodorozpustných látek za horka

Podstatou metody je extrakce pigmentů či plniv horkou vodou a stanovení obsahu látek rozpustných ve vodě. Do kádinek bylo naváženo 2 g organického pigmentu či 5 g anorganického pigmentu, které se smáčely 200 ml destilované vody. Takto připravená suspenze byla za stálého míchání zahřívána k varu a byla vařena po dobu 5 minut. Dále byla suspenze rychle ochlazená a přelita do baňky (250 ml). Obsah baňky byl doplněn destilovanou vodou po rysku, byl promíchán, nechal se ustát a byl zfiltrován. Z extraktu bylo pipetou odebráno 100 ml, které bylo přeneseno se do předem vysušené a zvážené odpařovací misky. Obsah byl nejprve odpařen a pak byl dosušen v sušárně při 130 ± 3 °C po dobu 2 hodin, pak byl ochlazen

v exsikátoru a zvážen. Obsah látek rozpustných ve vodě (X) v procentech byl vypočítán podle vzorce (1):

$$X = \frac{2,5 \cdot m \cdot 100}{m_0} [\%] \quad (1)$$

Kde: 2,5... konstanta ředění, m... hmotnost sušiny [g], m_0 ... hmotnost vzorku pigmentu [g]

2.5.3. Stanovení spotřeby oleje a kritické objemové koncentrace pigmentu

(KOKP)

Tato veličina udává objem oleje, který je nutný k tomu, aby došlo ke smočení všech částic pigmentu, a aby tento systém byl kompaktní. Spotřeba oleje je tak jednou ze základních charakteristik daného pigmentu, jenž je ovlivněna mimo jiné velikostí a tvarem částic. [9] Stanovení bylo provedeno podle metody tlouček – miska. Zkouška byla provedena podle normy ČSN 670531.

Bylo naváženo 1-2 gramu pigmentu, které bylo převedeno do třecí misky. Poté za stálého tření vzorku tloučkem byl přikapáván z byrety lněný olej. Olejové číslo bylo následně vypočteno dle rovnice:

$$\text{Olejové číslo} = \frac{100 \cdot V_{oleje} \cdot \rho_{oleje}}{m_{pigmentu}} \quad (2)$$

Kde: V_{oleje} ... objem oleje [ml], $m_{pigmentu}$... hmotnost [g], ρ_{oleje} ... hustota [$\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$]

2.5.4. Stanovení kritické objemové koncentrace pigmentu

KOKP je hodnota kritické objemové koncentrace pigmentu, při které je prostor mezi dotýkajícími se částicemi pigmentu zcela zaplněn pojivem. Při překročení této hodnoty dojde k výrazným změnám ve vlastnostech stanoveného nátěrového filmu. Jedná se zejména o tvrdost, tvorbu puchýřků, propustnost pro vodní páru či lesk. [9] Hodnotu KOKP lze vypočíst pokud máme informace o hustotě pigmentu a hodnotě olejového čísla pigmentu.

$$KOKP = \frac{\frac{10000}{\rho_{pigmentu}}}{\frac{100}{\rho_{pigmentu}} + \frac{ol. \text{ číslo}}{\rho_{oleje}}} \quad (3)$$

Kde: ρ_{oleje} ...hustota lněného oleje [$\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$], $\rho_{pigmentu}$...hustota pigmentu [$\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$], ρ_{oleje} ... hustota lněného oleje [$\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$]

2.5.5. Stanovení pH vodných výluhů pigmentů

Dle normy ČSN EN ISO 787-9 bylo provedeno měření hodnoty pH vodných suspenzí pigmentů. Hodnota pH vodných výluhů byla využita ke kontrole promytí pigmentů, ke kterému docházelo při přípravě daných vzorků. Ze všech pigmentů, srovnávacích látek a plniva byly připraveny 10% suspenze v redestilované vodě. Měření bylo prováděno pomocí pH metru, který byl před každým měřením kalibrován pomocí pufrů o pH 4,01, 7 a 9, každý týden po dobu 28 dnů.

2.5.6. Stanovení měrné elektrické vodivosti vodných výluhů pigmentů

Dle normy ČSN EN ISO 787-14 bylo provedeno měření měrná elektrické vodivosti. Měrná elektrická vodivost je veličina, která popisuje schopnost daného systému vést elektrický proud. Tato hodnota je především ovlivněna množstvím vodorozpustných látek nacházejících se ve zkoumaném vzorku. Hodnota měrné elektrické vodivosti byla stanovena v připravených 10% suspenzích vzorku v redestilované vodě. Měření bylo prováděno pomocí konduktometru, který byl před každým měřením zkalibrován, vždy po 7 dnech po dobu 28 dnů.

2.5.7. Stanovení korozních úbytků ve vodných výluzích pigmentů

Stanovení korozních úbytků ve vodných výluzích pigmentů se využívá k analýze hmotnostních a rozměrových změn na ocelových panelech, jedná se tedy o přímý ukazatel plošné koroze. [9] K měření byly použity vodné výluhy, které se vytvořili pro měření pH a měrné elektrické vodivosti. Pro stanovení korozních úbytků byly použity ocelové plíšky, ty byly odmaštěny chloroformem a zváženy na analytických vahách s přesností na 4 desetinná místa. Následně byly změřené a zvážené plíšky vloženy do vodných výluhů, u kterých bylo před měřením změřeno pH a měrná elektrická vodivost. Po 7 dnech byly plíšky vyndány z výluhů a následně byly vloženy do mořícího roztoku na 30 s, pro odstranění korozních zplodin z jejich povrchu, následně byly opláchnuty destilovanou vodou, odmaštěny chloroformem, osušeny a opět zváženy na analytických vahách. Z hodnot získaných měření byl nakonec vypočítán hmotnostní korozní úbytek dle rovnice:

$$Km = 10^4 \frac{(m_1 - m_2)}{2 \cdot S} \quad (4)$$

Kde: Km...Hmotnostní korozní úbytek vztažený na jednotku plochy [g/m²], m₁ ... Hmotnost čistého plíšku [g], m₂... Hmotnost zkorodovaného plíšku [g], S... Plocha korozního plíšku [cm²]

2.5.8. Stanovení obsahu netěkavých složek v pojivové složce

Stanovení obsahu netěkavých látek z pojiva bylo provedeno podle normy ČSN EN ISO 3251. Na kovová víčka, která byly předem zvážena, obalená alobalem byly nanášeny tři vzorky pojivové složky. Víčka byla zvážena před a po nanášení jednotlivých testovaných pojiv na analytických vahách s přesností na 4 desetinná místa. Poté byla umístěna do sušárny vyhřáté na 60 °C do doby dosažení konstantní hmotnosti. Ze sušárny byla víčka s pojivem umístěna do exikátoru na zaschnutí a následně opět zvážena. Obsah netěkavých složek byl poté spočítán dle rovnice:

$$S = \frac{c - a}{b - a} \cdot 100 \quad (5)$$

Kde: S... sušina (neodpařitelný zbytek látky, který zůstal po zahřívání a odpařování), a... hmotnost prázdného víčka [g], b... hmotnost víčka se vzorkem před sušením [g], c... hmotnost víčka se vzorkem po sušení [g]

2.6. Příprava modelových nátěrových hmot

2.6.1. Formulace modulových nátěrových hmot

Formulace nátěrových hmot byly stanoveny dle programu „Formul“, ve kterém byly vypočteny konkrétní hodnoty hmotností pigmentů, plniva a pojiva pro jejich přípravu při zadaném OKP pigmentů.

Od každého z organických a anorganických pigmentů byly připraveny modelové nátěrové hmoty při OKP_{pigmentu} 1 %, 5 % a 10 % při formulacích s epoxyesterovou pryskyřicí. Pro formulace s epoxidovou a alkydovou pryskyřicí byla použita hodnota OKP_{pigmentu} 10 %.

Tabulka 1. Formulace nátěrových hmot s epoxyesterovou pryskyřicí

Druh pigmentu	OKP _{pigmentu} [%]	Pigment [g]	TiO ₂ [g]	Epoxydová pryskyřice [g]
C ₂₀ H ₁₂ N ₂ O ₄ Mg	1	0,58	16,22	83,19
	5	3,12	11,45	85,43
	10	6,83	5,52	88,65
C ₁₆ H ₂₉ N ₁ O ₄ Mg	1	0,44	16,52	83,04
	5	2,33	13,25	84,42
	10	5,03	8,63	86,33
C ₁₂ H ₂₁ N ₁ O ₄ Zn	1	0,63	16,35	83,02
	5	3,33	12,46	84,20
	10	7,18	6,88	85,94
C ₁₆ H ₂₉ N ₁ O ₄ Zn	1	0,49	16,45	83,06
	5	2,60	12,63	84,77
	10	5,66	7,07	87,27
C ₂₀ H ₁₂ N ₂ O ₄ Zn	1	0,64	16,14	83,22
	5	3,42	10,96	85,62
	10	7,50	3,47	89,03
MgO	1	1,25	15,70	83,06
	5	6,64	8,72	8,65
	10	17	-	83
Zn ₃ (PO ₄) ₂	1	1,32	15,96	82,71
	5	6,88	10,27	82,84
	10	14,57	2,41	83,02
ZnO	1	1,78	15,40	82,82
	5	9,33	7,41	83,26
	10	22,63	-	77,37
CaSiO ₃	1	1,45	18,62	79,92
	5	7,74	10,40	81,87
	10	16,62	-	83,38
TiO ₂	10	-	17,29	82,71

Tabulka 2. Formulace nátěrových hmot s alkydovou pryskyřicí

Druh pigmentu	OKP _{pigmentu} [g]	Pigment [g]	TiO ₂ [g]	Alkydová pryskyřice [g]
C ₂₀ H ₁₂ N ₂ O ₄ Mg	10	10,69	7,07	82,24
C ₁₆ H ₂₉ N ₁ O ₄ Mg	10	7,80	13,46	78,73
C ₁₂ H ₂₁ N ₁ O ₄ Zn	10	11,12	10,64	78,24
C ₁₆ H ₂₉ N ₁ O ₄ Zn	10	8,84	11,13	80,04
C ₂₀ H ₁₂ N ₂ O ₄ Zn	10	11,84	5,38	82,78
MgO	10	21,96	-	78,04
Zn ₃ (PO ₄) ₂	10	28,67	-	71,33
ZnO	10	22,16	3,57	74,28
CaSiO ₃	10	21,51	-	78,49
TiO ₂	10	-	26,20	73,80

Tabulka 3. Formulace nátěrových hmot s epoxidovou pryskyřicí

Druh pigmentu	OKP _{pigmentu} [g]	Pigment [g]	TiO ₂ [g]	Epoxidová pryskyřice [g]	Tvrdidlo [g]
C ₂₀ H ₁₂ N ₂ O ₄ Mg	10	8,62	5,75	61,17	24,47
C ₁₆ H ₂₉ N ₁ O ₄ Mg	10	6,35	10,93	59,08	23,63
C ₁₂ H ₂₁ N ₁ O ₄ Zn	10	9,06	8,59	58,82	23,53
C ₁₆ H ₂₉ N ₁ O ₄ Zn	10	7,16	8,98	59,89	23,96
C ₂₀ H ₁₂ N ₂ O ₄ Zn	10	9,53	4,43	61,16	24,58
MgO	10	17,89	-	58,65	23,46
Zn ₃ (PO ₄) ₂	10	23,75	-	54,47	21,79
ZnO	10	18,21	2,98	56,29	22,52
CaSiO ₃	10	17,50	-	58,93	23,57
TiO ₂	10	-	21,57	56,02	22,41

2.6.2. Příprava nátěrových hmot

Na laboratorních vahách byl navážen vysušený pigment s přesností na $\pm 0,01$ g. Pigment byl v třecí misce smísen s plnivem za vzniku homogenní směsi. Do kovové nádoby bylo naváženo pojivo s přesností na $\pm 0,01$ g, nádoba byla vložena pod dispergátor a za nízkých otáček (500 ot/min), byla postupně přidávána zhomogenizovaná směs pigmentu s plnivem. Během předdispergace byla upravována viskozita přidávkem xylenu, či směsi xylenu a butylalkoholu v závislosti na typu pojiva. Předdispergace trvala 30 minut, po ní bylo do směsi přidáno 50 g skleněných kuliček a nádoba byla vložena do dispergátoru Dispermat Donventa AG. Vlastní dispergace trvala též 30 minut při 2000 ot/min. Po ukončení dispergace byla výsledná nátěrová hmota zfiltrována přes polyamidové síto do uzavíratelné nádoby.

2.6.3. Příprava organických povlaků

Nátěrové hmoty byly nanášeny na skleněné a ocelové panely, které byly před aplikací očištěny a následně odmaštěny chloroformem.

Na skleněné panely byly nanášeny povlaky za pomoci krabicového pravítka se štěrbinou 200 μm , vzorky byly následně kondicionovány v klimatizované místnosti. U všech vzorků byla změřena suchá tloušťka filmů (DFT) a následně u nich byla každý týden měřena

relativní povrchová tvrdost, odolnost vůči vrypu, odolnost proti působení methylethylketonu a lesk povlaku. Dále se na vzorcích po šedesáti dnech měřila přilnavost organického povlaku mřížkovou metodou.

Na ocelové panely byly nanášeny povlaky pomocí krabicového pravítka se štěrbinou 150 a 200 μm , vzorky byly též kondicionovány v klimatizované místnosti. Povlaky byly nanášeny na panely pro korozní zkoušky od firmy Q-LAB. Jedná se o panely S46 třídy 11, vyhovující ISO 1514. Panely typu S mají jednu stranu zbroušenou a druhou hladkou, jejich rozměry jsou 150x100x0,81 mm. Na tyto panely byly aplikovány dvě vrstvy nátěrů. Pro mechanické zkoušky byly použity panely ze za studena válcované oceli o rozměrech 215x45x0,81 mm, na tyto panely byla nanášena jedna vrstva nátěru. Pro elektrochemický test lineární polarizace byly použity panely typu QD o rozměrech 102x51x0,51 mm, QD panely jsou zcela hladké. Na tyto panely byla též nanášena pouze jedna vrstva nátěrové hmoty. U všech vzorků byla změřena suchá tloušťka filmu (DFT) pomocí magnetického tloušťkoměru.

2.7. Metody hodnocení fyzikálně – mechanických vlastností nátěrových filmů na skleněných panelech

2.7.1. Stanovení relativní povrchové tvrdosti nátěrového filmu

Zkouška byla provedena dle normy ČSN EN ISO 1522. Jako zkušební zařízení byl použit Persozův kyvadlový přístroj. Princip zkoušky spočívá v útlumu kyvadla způsobeným třením ocelových kuliček na povrchu aplikovaného filmu. Persozovým kyvadlem je možné měřit intenzitu amplitudy v rozmezí od 12° do 4°. Kyvadlové závaží má hmotnost 500 g a perioda oscilace je 1 sekunda. Výsledek zkoušky je průměrný počet kmitů ze tří měření vydělený počtem kmitů standardu, který je přiložen výrobcem.

2.7.2. Stanovení odolnosti organického povlaku vůči působení methylethylketonu

Zkouška byla provedena dle normy ASTM D 4752-10. Vatovou tyčinkou napuštěnou methyl(ethyl)ketonem byly prováděny tahy (1 tah nahoru a dolů za 1 sekundu) po povrchu nátěrového filmu po dobu maximálně 300 s. V případě prodření nátěrového filmu, chemická odolnost daného povlaku byla hodnocena stupněm 0. Pokud k prodření organického povlaku až na podklad nedošlo, byly nátěrové filmy hodnoceny dle následující tabulky. Tato metoda slouží k analýze stupně vytvrzení testovaného nátěrového filmu.

Tabulka 4. Hodnocení MEK testu

Stupeň 0	Úplné obnažení podkladu.
Stupeň 1	Značné hluboké narušení nátěrového filmu, ale již ne k podkladu
Stupeň 2	Zřetelné poškození (poškrábání) nátěrového filmu.
Stupeň 3	Lehké poškození (poškrábání) nátěrového filmu.
Stupeň 4	Povrch nátěru není poškozený, pouze vyleštěný a nepatrné množství pigmentu uvolněného z
Stupeň 5	Povrch nátěru není nijak poškozen, ani nejsou zbytky pigmentu na otěrové gáze.

2.7.3. Stanovení lesku nátěrového filmu

Zkouška byla provedena dle normy ČSN 67 3063. Lesk je optická vlastnost povrchu, díky této vlastnosti můžeme posoudit schopnost organického povlaku odrážet záření, které na něj dopadá. [9] Pro stanovení lesku organických povlaků byl využit leskoměr, který byl před

vlastním měřením zkalibrován pomocí černého standardu. Odražené záření bylo měřeno pomocí třech refraktometrů nacházejících se v leskoměru, pod úhly 20°, 60° a 85°.

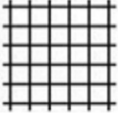
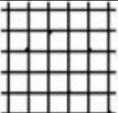
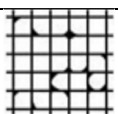
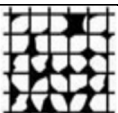
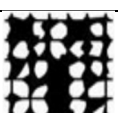
2.7.4. Buchholzova vrypová zkouška

Zkouška byla provedena dle normy ČSN EN ISO 2815. Touto zkouškou byla zjišťována odolnost organického povlaku proti vrypu. Měřila se délka vrypu, který vytvoří ostří přístroje o hmotnosti 500 g působící na povlak po dobu 30 sekund. Výsledkem zkoušky byl průměr ze tří měření. Vrypy byly vyhodnocovány ihned po zkoušce optickým mikroskopem.

2.7.5. Stanovení přilnavosti nátěrového filmu mřížkovou metodou

Zkouška byla provedena dle normy ČSN EN ISO 2409. Při této zkoušce byl vytvořen řez ve tvaru mřížky za pomoci cross cut nože, následně byla vizuálně zhodnocena přilnavost nátěrového filmu k podkladu dle tabulky. Použitý nůž byl zvolen dle a tloušťky filmu.

Tabulka 5. Hodnocení přilnavosti organického povlaku

Stupeň	Grafický záznam	Slovní popis vzhledu mřížky
0		Řezy zcela hladké, žádný čtverec není poškozen.
1		Nepatrné poškození v místech křížení. Poškozená plocha nepřesahuje 5 % celkové plochy.
2		Nepatrné poškození filmu podél i v křížení řezů. Povrch mřížky je poškozen v intervalu 5-15 % z celkové plochy.
3		Poškození nátěru v rozích řezu, částečně podél řezných hran, nebo celý čtverec na různých místech mřížky. Poškození od 15-35 % z celkové plochy mřížky.
4		Na nátěru jsou viditelné výrazné defekty v rozích řezů, některé čtverce jsou zcela poškozeny. Celková plocha poškozena z 35-65 %.
5		Změny, které jsou větší než u stupně 4.

2.8. Metody hodnocení fyzikálně – mechanických vlastností nátěrových filmů na ocelových panelech

2.8.1. Stanovení odolnosti nátěrového filmu při deformaci úderem

Zkouška byla provedena dle normy ČSN ISO EN 6272. Při této zkoušce byla zjišťována odolnost nátěrového filmu proti praskání či odlupování od podkladu při jeho deformaci úderem. Ocelový panel byl vložen do přístroje, upevněn, a poté bylo spuštěno závaží o hmotnosti 1 kg na rubovou stranu vzorku. Měření bylo prováděno do té doby, dokud nedošlo k popraskání organického povlaku, defekty byly zkoumány lupou s desetinásobným zvětšením.

2.8.2. Stanovení odolnosti nátěrového filmu hloubením

Zkouška byla provedena dle normy ČSN EN ISO 1520. Při této zkoušce byla zjišťována odolnost nátěrového filmu proti plynulé deformaci vlačováním ocelové koule o průměru 20 mm. Při stanovení byla zjišťována míra vlačení koule, než došlo k porušení organického povlaku. Vzorek byl během měření sledován lupou s desetinásobným zvětšením.

2.8.3. Stanovení odolnosti nátěrového filmu vůči ohybu

Zkouška byla provedena dle normy ČSN ISO 1519. Při této zkoušce byla zjišťována odolnost nátěrového filmu proti deformaci ohybem. Ocelový panel s nátěrovým filmem byl vložen do zařízení, následně byl ohnut o 180 °o trn o průměru 4 mm. Výsledkem zkoušky je průměr trnu, při kterém došlo ke znatelnému poškození filmu.

2.8.4. Stanovení barevnosti organických povlaků

Pro stanovení barevnosti byl použit spektrofotometr. Přístroj využívá měření v celém rozsahu vlnových délek viditelného spektra. V průběhu stanovení byla měřena intenzita odražené vlnové délky a tím byla zjištěna odchylka v jas, sytosti a barevném tónu. Při měření byl využit systém CIE Lab. Tento systém je definován třemi osami, kde osa L* značí jas mezi černou (L* = 0) a bílou (L* = 100). Souřadnice a* pak odpovídá změně sytosti mezi červenou (+a*) a zelenou barvou (-a*) a souřadnice b* vyjadřuje změnu sytosti mezi žlutou (+b*) a modrou barvou (-b*). Celková barevná změna se pak vypočítá podle následující rovnice (6). Měření změny barevnosti organického povlaku bylo prováděno u organických povlaků na bázi epoxyesterové pryskyřice po 120, 240 a 360 hodinách a u organických povlaků na bázi alkydové a epoxidové pryskyřice po 120 a 240 hodinách kdy byly vzorky umístěny v QUV komoře.

$$\Delta E^* = [(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2] \quad (6)$$

Kde ΔE^* je změna barevnosti, L* je jas, a* a b* vyjadřují barevný tón

2.9. Zrychlené korozní zkoušky

Podstatou zrychlených korozních zkoušek je vystavit nátěr zesíleným vlivům korozního prostředí jako jsou zvýšené koncentrace korozních látek (SO₂ nebo Cl⁻ ionty), vysoká vlhkost vzduchu, UV záření či teplota. Zvýšený obsah chloridových iontů představuje prostředí v přímořských oblastech, zvýšený obsah SO₂ napodobuje znečištěného prostředí průmyslových oblastí. Při korozní zkoušce s UV zářením se využívá xenonového zdroje s fluorescenčními výbojkami s maximem při vlnové délce 340 nm, který emituje záření s vlnovými délkami nejvíce odpovídajícími slunečnímu záření. [9] Do vzorků na ocelových panelech pro korozní zkoušky v prostředí atmosféry SO₂ a pro kombinovanou zkoušku byl zhotoven řez pomocí řezného nástroje se šířkou čepele 0,5 mm, který prořízl organický povlak až k podkladu.

2.9.1. Zrychlená korozní zkouška ve vlhké atmosféře s obsahem SO₂

Zrychlená korozní zkouška byla provedena dle normy ČSN ISO 3231. Tato zkouška byla použita ke zjištění korozní odolnosti organických povlaků v průmyslových oblastech. V korozním boxu dochází ke kondenzaci vody s rozpuštěným SO₂ na vzorcích, expozice vzorků probíhá v opakujících se 24hodinových cyklech. Jeden cyklus se skládá ze dvou částí, v prvních osmi hodinách jsou vzorky vystaveny účinkům vlhkosti s obsahující rozpuštěný SO₂ při teplotě 38 °C, v následujících šestnácti hodinách jsou vzorky sušeny při laboratorní teplotě 25 °C a

vlhkosti menší než 75 %. Dávkování oxidu siřičitého je $1 \text{ dm}^3 \text{ SO}_2$ na 300 dm^3 , což je objem korozního boxu.

2.9.2. Zrychlená korozní zkouška v kondenzační komoře s povšechnou

kondenzací

Zrychlená korozní zkouška byla provedena dle normy ČSN EN ISO 6270-2. Tato zkouška slouží ke zjištění korozní odolnosti organických povlaků vůči působení vzdušné vlhkosti. Organické povlaky byly vystaveny 100 % relativní vlhkosti za teploty $38 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$, vlivem čehož na nich docházelo ke kondenzaci destilované vody.

2.9.3. Kombinovaná korozní zkouška QUV/ solný elektrolyt/ teplota pod bodem

mrazu

Zrychlená korozní zkouška byla odvozena dle normy ASTM D 5894-96. Tato zkouška slouží ke zjištění korozní odolnosti organických povlaků vůči působení UV záření i korozním vlivům. Zkušební vzorky byly vystaveny střídavým periodám, trvajícím týden ve fluorescenční UV komoře, týden v solné komoře a týden v klimatické komoře. QUV cyklus se skládal z osmi hodin působení UV záření při $60 \text{ }^\circ\text{C}$ a čtyřem hodinám působení 100% vlhkosti při 50°C . V cyklu solného elektrolytu byly vzorky vystaveny vodnému elektrolytu o složení $0,5 \text{ hm } \% \text{ NaCl} + 0,35 \text{ hm } \% (\text{NH}_4)_2\text{SO}_2$. Teplota v klimatické komoře činila $-14 \text{ }^\circ\text{C}$. Po cyklu v QUV komoře byla změřena barevnost vzorků pomocí spektrofotometru, po cyklu v solném elektrolytu a klimatické komoře byly zaznamenány korozní změny.

2.10. Nepřímé korozní zkoušky

2.10.1. Elektrochemické měření lineární polarizace

Tato zkouška slouží ke zjištění polarizačního odporu, z něhož můžeme určovat korozní rychlosti testovaných organických povlaků. Pro toto měření byly využity elektrochemické cely, které se skládají z referenční elektrody, protielektrody a pracovní elektrody. Referenční elektrodou je nasycená kalomelová elektroda. Jako protielektróda byla využita platinová elektroda a pracovní elektrody byly při měření tvořeny testovanými vzorky. Kovový panel, o rozměrech $100 \times 51 \text{ mm}$, s organickým povlakem byl vystaven jednomolárnímu elektrolytu chloridu sodného. Testované vzorky byly vystaveny účinkům elektrolytu po dobu jedné hodiny, při čemž byl měřen samovolný korozní potenciál E_{kor} . Následně byly pomocí lineární polarizace změřeny a vyhodnoceny polarizační křivky, polarizační odpor R_p a rychlost korze v_{kor} . Při posuzování korozní odolnosti organických povlaků platí to, že čím je polarizační odpor vyšší, tím je korozní rychlost nižší a tím pádem tento organický povlak lépe odolává korozi. Měření bylo prováděno na potenciostatu.

2.10.2. Stanovení odolnosti vodnému roztoku elektrolytu v závislosti na pH

Na ocelové panely typu DC01 pokrytých analyzovanými organickými povlaky bylo epoxyesterovou pryskyřicí přilepeno šest skleněných válečků. Následně byl do každého válečku zvlášť nadávkován pufr o hodnotě $\text{pH} = 2, 4, 6, 8, 10$ a 12 . Pufry byly připraveny ze zásobních roztoků $0,04 \text{ M H}_3\text{PO}_4$, $0,04\text{M H}_3\text{BO}_3$ a $0,04\text{M CH}_3\text{COOH}$, které byly podle příslušné tabulky smíšeny s $0,2\text{M}$ zásobním roztokem NaOH . Po pěti dnech byly pufry z válečků vylity. Každý sedmý den po dobu 42 dnů se hodnotila tvorba puchýřků, prokorodování k podkladu a koroze v ploše.

Tabulka 6. Příprava pufru pro oblast pH = 2–12, poměry jednotlivých látek

pH	0,04M roztok H ₃ BO ₃ , H ₃ PO ₄ a CH ₃ COOH [ml]	0,2 M NaOH [ml]
2	100	5
4		25
6		42,5
8		60
10		80
12		100

2.10.3. Stanovení pH vodných výluhů nátěrových hmot

Připravené nátěrové hmoty byly naaplikovány na PE folii. Po zaschnutí byly z folie odstraněny a vzniklý volný film, byl nastříhán na pravidelné čtverce 2x2 mm. Následně byly připraveny 10% suspenze v redestilované vodě. Měření bylo prováděno pomocí pH metru, který byl před každým měřením kalibrován pomocí pufrů o známém pH. Měření bylo prováděno každých sedm dní po dobu 28 dní.

2.10.4. Stanovení měrné elektrické vodivosti vodných výluhů nátěrových hmot

Měrná elektrická vodivost byla měřena u připravených 10% suspenzí. Měření bylo prováděno pomocí konduktometru, který byl před každým měřením zkalibrován. Měření bylo prováděno každých sedm dní po dobu 28 dní.

2.10.5. Stanovení hmotnostních korozních úbytků ve vodných výluzích

Zkouška byla provedena dle normy ČSN 67 3004. Výluhy pigmentů připravené v kapitole 5.10.3 a výluhy nátěrových hmot byly zfiltrány přes filtrační papír. Získané filtráty byly využity pro stanovení hmotnostních korozních úbytků. Hmotnostní úbytky představují schopnost kovu odolávat korozi v daném výluhu. Do lékovek bylo nalito potřebné množství filtrátů, do kterých poté byly vloženy předem zvážené změřené a odmaštěné ocelové panely. Po 5denní expozici byly panely vyjmuty z lékovek zdokumentovány a následně očištěny pomocí mořicího roztoku a chloroformu. Takto očištěné panely byly následně zváženy. Ze získaných hodnot hmotností před expozicí a po expozici byly vypočteny hmotnostní úbytky ocelových panelů dle následujícího vzorce:

$$K_m = 10^6 \cdot \frac{m_{\text{čp}} - m_{\text{zp}}}{2 \cdot S} \quad (7)$$

Kde K_m ...korozní úbytek na jednotku plochy [$\text{g} \cdot \text{m}^{-2}$], $m_{\text{čp}}$...hmotnost čistého plíšku [g], m_{zp} ...hmotnost zkorodovaného plíšku [g], S ...plocha plíšku [mm^2]

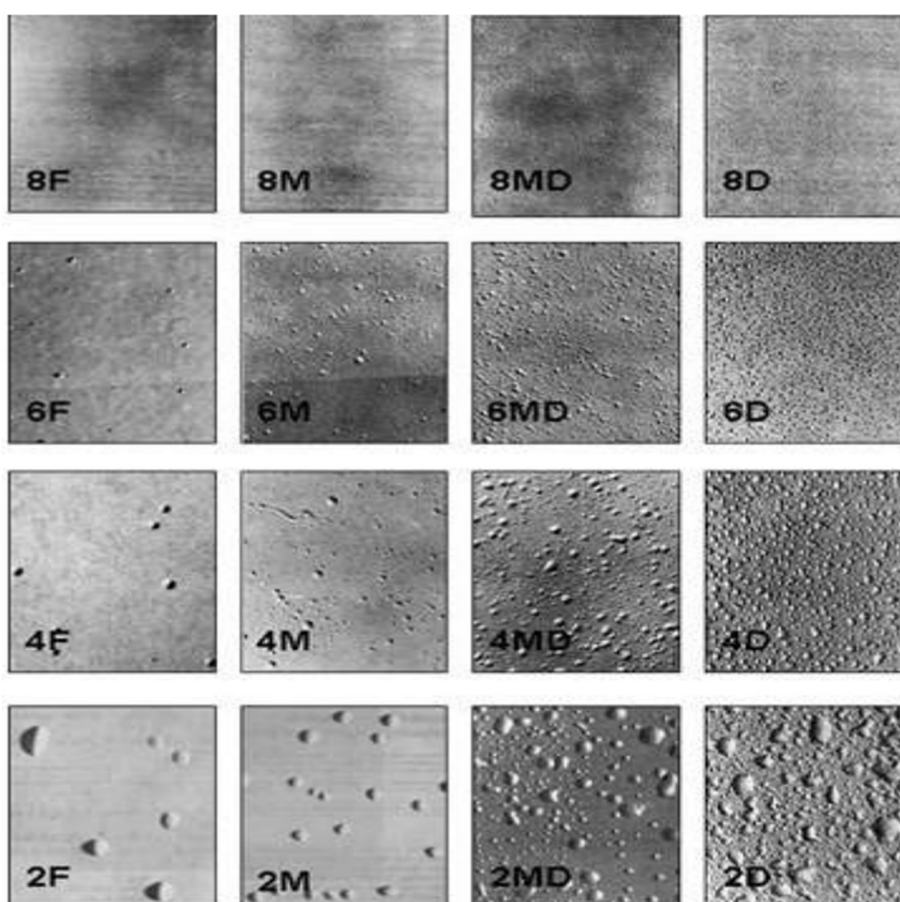
2.11. Metody hodnocení korozních projevů testovaných organických povlaků

Průběžně při měření a po skončení korozních zkoušek byly na nátěrových filmech hodnoceny korozní projevy. U sledovaných vzorků bylo hodnoceno množství puchýřů v ploše, množství puchýřů v řezu koroze v okolí zkušebního řezu, koroze v ploše, a následně prokorodování ocelového panelu. Po ukončení měření zrychlených korozních zkoušek byl

organický povlak z ocelových panelů odstraněn pomocí odstraňovače povlaků a omyt vodou. Povrch panelů byl dočištěn acetonem a poté byl na čistý povrch aplikován transparentní lak za účelem zabránění vzniku nežádoucí koroze.

2.11.1. Hodnocení puchýřů organických povlaků

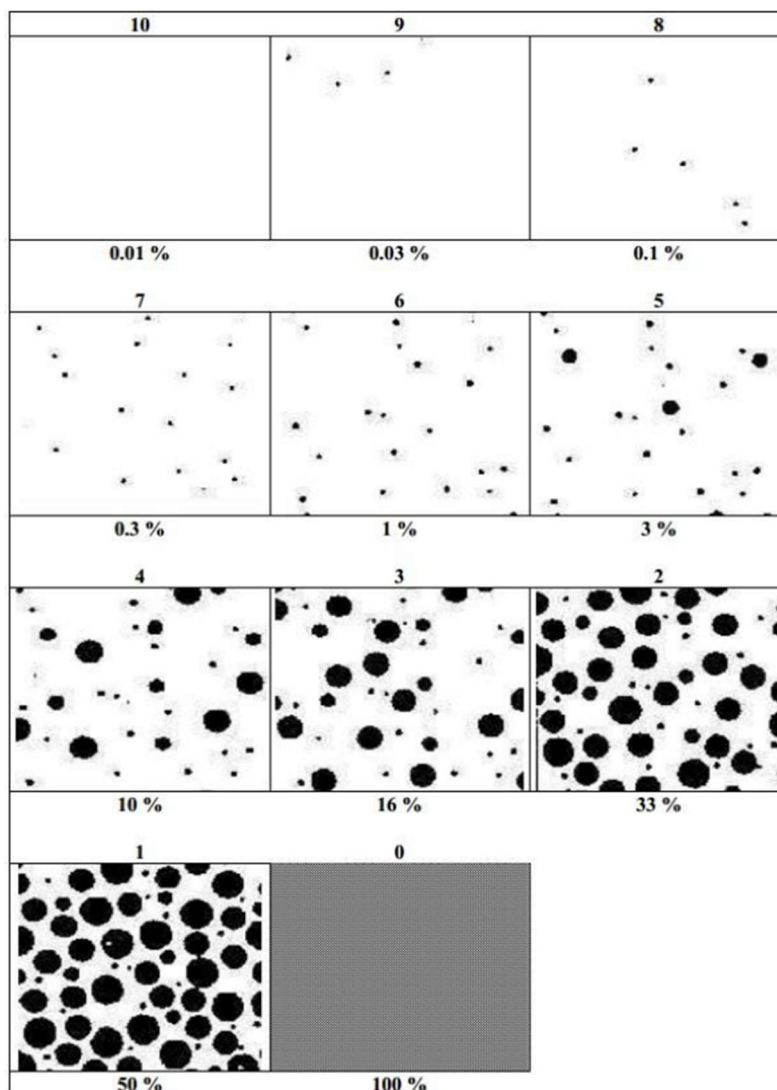
Hodnocení puchýřů probíhalo dle normy ASTM D 714-87. Toto hodnocení slouží k získání informací o odolnosti organického povlaku vůči fyzikálně – chemickým pochodům, při nichž dochází k tvorbě defektů, jenž jsou projevy difuze okolního prostředí k podkladu nátěrového filmu. Tvorba puchýřků je indikátorem porušení ochranné funkce povlaku, při které organický povlak ztratil adhezi k podkladu. Organické povlaky byly porovnávány se standardy. K vyhodnocení byla použita číselná označení 2 – 8, 2 pro největší a 8 pro nejmenší velikosti puchýřů. Pro četnost puchýřů byla použita písmena F (nízká hustota), M (střední hustota) MD (středně husté pokrytí) a D (husté pokrytí).



Obrázek 20. Hodnocení puchýřů v ploše

2.11.2. Hodnocení stupně koroze v ploše panelu

Hodnocení stupně koroze bylo provedeno podle normy ASTM D 610–85. Tímto hodnocením bylo zkoumáno prokorodování organického povlaku a prokorodování v ploše panelu nacházející se pod organickým povlakem. Prokorodování lze pak definovat jako ztrátu ochranné funkce organického povlaku a rozšíření korozních produktů na povrchu organického povlaku. Byla hodnocena ochranná funkce organického povlaku, která byla vyjadřována pomocí procent prokorodování organického povlaku a stupněm koroze v ploše podkladu dle následujícího obrázku.










Obrázek 21. Předloha pro hodnocení koroze v ploše podkladu a prokorodování organického povlaku

2.11.3. Hodnocení koroze v okolí zkušebního řezu

Hodnocení stupně koroze bylo provedeno podle normy ASTM D 1654-92. Tímto hodnocením byla posuzována schopnost aktivních složek organického povlaku, zamezovat šíření koroze od místa mechanického poškození. Byla hodnocena jak koroze v kontaktu s řezem na povrchu organického povlaku, tak i koroze v kontaktu řezu na podkladu, poté co byl ochranný film odstraněn.

Tabulka 7. Předloha pro hodnocení koroze v okolí zkušebního řezu

Stupeň	Plocha koroze
1 velmi malé	
2 malé	
3 a střední	
3 b	
4 a značné	
4 b	
5 Velmi značné	

2.12. Hodnocení životnosti organických povlaků

Pro vznik koroze v přírodě je nutná přítomnost vody a kyslíku. V průmyslových, městských a přímořských oblastech přispívají ke vzniku koroze i další vlivy, jedná se zejména o ionty, jako jsou SO_2 , NO_x , Cl^- a další. Určení kvality prostředí nám napomáhá zvolit nátěr, který by nejlépe korozi odolával. Pro určení agresivity prostředí se využívá norma a ČSN EN ISO 12944-2 a ČSN EN ISO 12944-6.

Tabulka 8. Určení stupně korozní agresivity atmosféry norma ČSN EN ISO 12944-2

Stupně korozní agresivity	Příklady typického venkovního prostředí	Příklady typického vnitřního prostředí
C1 velmi nízká		Vytápěné budovy s čistou atmosférou, např. kanceláře, školy, obchody, hotely
C2 nízká	Atmosféra s nízkou úrovní znečištění, venkovské prostředí	Nevytápěné budovy, kde může docházet ke kondenzaci, např. sklady, sportovní haly
C3 střední	Městské průmyslové atmosféry s mírným znečištěním SO_2 ; přímořské prostředí	Výrobní prostory s vysokou vlhkostí a malým znečištěním ovzduší, např. výrobní potravin, pivovary, mlékárny
C4 vysoká	Průmyslové prostředí a přímořské prostředí s nízkou salinitou	Chemické závody, plavecké bazény, loděnice a doky na mořském pobřeží
C5 – velmi vysoká (průmyslová)	Průmyslové prostředí s vysokou vlhkostí a agresivní atmosférou	Budovy nebo prostředí s převážně trvalou kondenzací a s vysokým znečištěním ovzduší
CX – extrémní	Přimořské prostředí s vysokou salinitou	Budovy nebo prostředí s převážně trvalou kondenzací a s vysokým znečištěním ovzduší

Tabulka 9. Určení stupně korozní agresivity prostředí norma ČSN EN ISO 12944-6

Stupně korozní agresivity	Životnost	ISO 6270 kondenzace vody [h]	ISO 9227 neutrální solná mlha [h]
C2 nízká	nízká	48	-
	střední	48	-
	vysoká	120	-
	velmi vysoká	240	480
C3 střední	nízká	48	120
	střední	120	240
	vysoká	240	480
	velmi vysoká	480	720
C4 vysoká	nízká	120	240
	střední	240	480
	vysoká	480	720
	velmi vysoká	720	1440
C5 velmi vysoká	nízká	240	480
	střední	480	720
	vysoká	720	1440
	velmi vysoká	-	-

3. Výsledky a hodnocení

3.1. Elementární analýza a obsah kovů

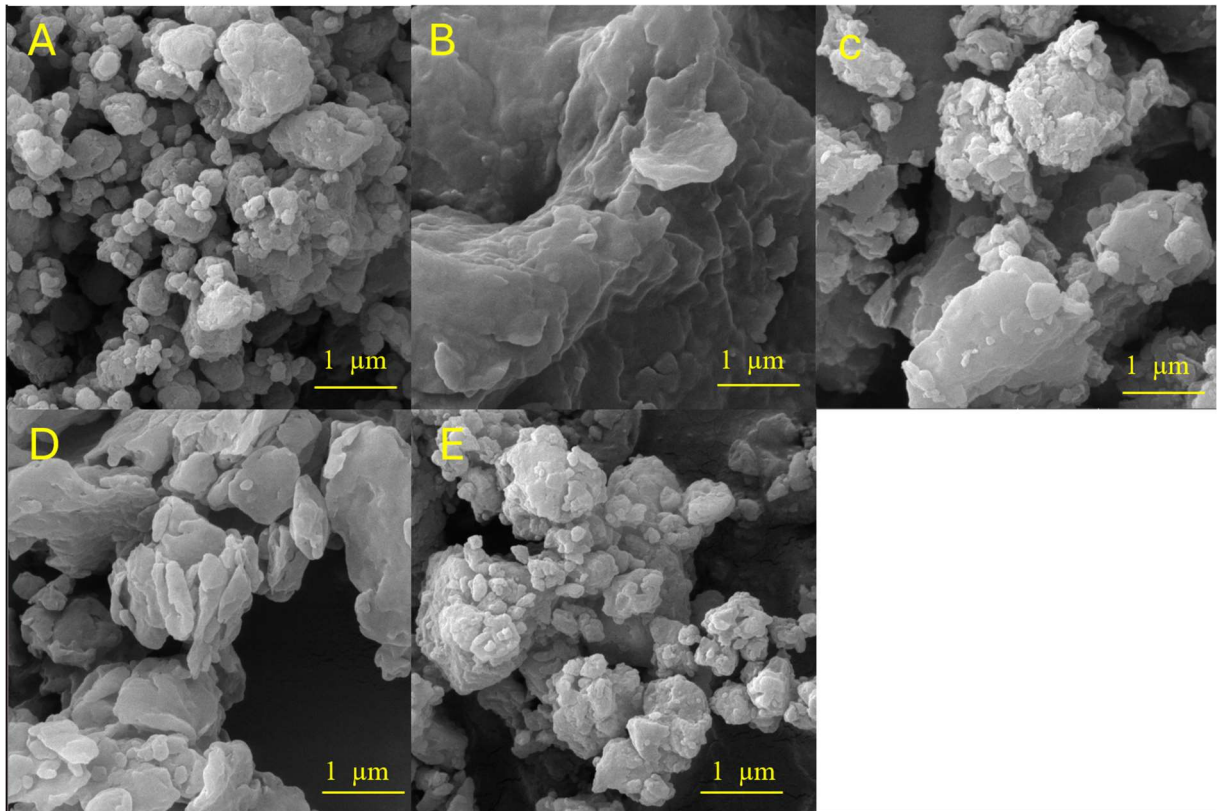
V následující tabulce jsou uvedeny výsledky elementární analýzy organických pigmentů získané pomocí rastrovacího elektronového mikroskopu s energeticky disperzní rentgenová spektroskopii (SEM-EDX).

Tabulka 10. Výsledky elementární analýzy organických pigmentů získané pomocí metody SEM/EDX

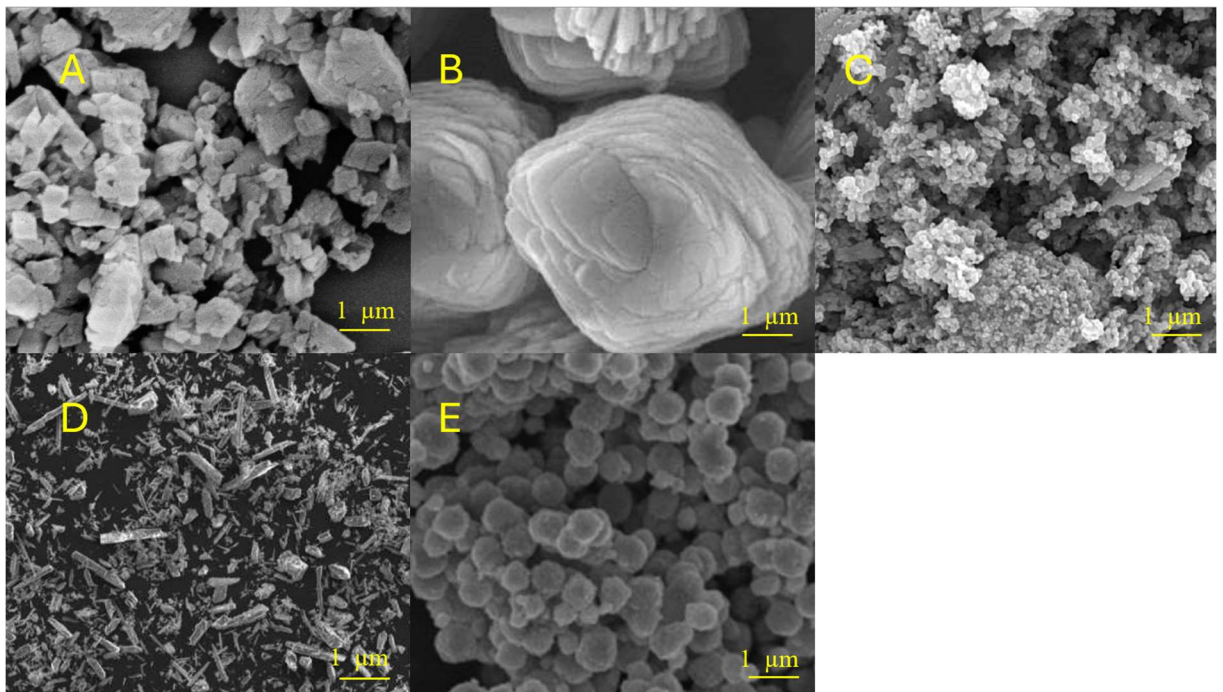
Pigment	Výsledky elementární analýzy a obsah kovů [%]				
	C	N	O	Zn	Mg
C ₂₀ H ₁₂ N ₂ O ₄ Mg	72,264	8,718	17,24	-	1,864
C ₁₆ H ₂₉ N ₁ O ₄ Mg	77,882	4,618	15,062	-	2,400
C ₁₂ H ₂₁ N ₁ O ₄ Zn	64,764	5,476	23,188	6,576	-
C ₁₆ H ₂₉ N ₁ O ₄ Zn	77,048	5,470	13,998	3,264	-
C ₂₀ H ₁₂ N ₂ O ₄ Zn	75,170	6,766	15,788	2,274	-

3.2. Rastrovací elektronová spektroskopie

Na následujících obrázcích jsou snímky získané pomocí rastrovací elektronové spektroskopie.



Obrázek 22. Snímky získané pomocí rastrovací elektronová spektroskopie. A - $C_{20}H_{12}N_2O_4Mg$, B - $C_{16}H_{29}N_1O_4Mg$, C - $C_{12}H_{21}N_1O_4Zn$, D - $C_{16}H_{29}N_1O_4Zn$, E - $C_{20}H_{12}N_2O_4Zn$



Obrázek 23. Snímky získané pomocí rastrovací elektronová spektroskopie. A - MgO , B - $Zn_3(PO_4)_2$, C - ZnO , D - $CaSiO_3$, E - TiO_2

3.3. Charakterizace organických a anorganických pigmentů

V následující tabulce jsou uvedeny hodnoty pH, měrné elektrické vodivosti desetiprocentních výluhů organických a anorganických pigmentů, obsah vodou rozpustných látek pigmentů a stanovení hmotnostních korozních úbytků. Měření pH a vodivosti probíhalo po dobu 4 týdnů. Následně byly výluhy použity k měření hmotnostních korozních úbytků.

Tabulka 11. Stanovení pH, měrné elektrické vodivosti, hmotnostních korozních úbytků a vodou rozpustných látek v roztocích pigmentů

Pigment	pH (před)	pH (po)	δ (před) [$\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$]	δ (po) [$\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$]	Δm [g]	K_m [$\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$]	X_H [%]	X [%]
$\text{C}_{20}\text{H}_{12}\text{N}_2\text{O}_4\text{Mg}$	8,48	8,17	710	749	0,0004	0,2224	6,6	3,9
$\text{C}_{16}\text{H}_{29}\text{N}_1\text{O}_4\text{Mg}$	6,7	7,08	267	304	0,003	1,6655	49,2	0,3
$\text{C}_{12}\text{H}_{21}\text{N}_1\text{O}_4\text{Zn}$	7,66	7,46	587	619	0,0025	1,3884	41,1	0,3
$\text{C}_{16}\text{H}_{29}\text{N}_1\text{O}_4\text{Zn}$	6,92	6,81	1210	1335	0,0009	0,5019	14,8	0,4
$\text{C}_{20}\text{H}_{12}\text{N}_2\text{O}_4\text{Zn}$	8,74	8,84	936	1348	0,0018	0,9970	29,5	2,4
MgO	8,71	8,80	145,6	158,4	0,0016	0,8926	26,4	0,2
$\text{Zn}_3(\text{PO}_4)_2$	10,14	9,61	716	766	0,0072	4,0017	118,3	0,3
ZnO	8,75	8,54	19,8	44,8	0,0063	3,5094	103,8	0,1
CaSiO_3	8,03	7,68	63,7	64,4	0,0028	1,5508	45,9	0,1
TiO_2	7,40	6,97	442	466	0,003	1,6674	49,3	0,1

pH (odchylka měření $\pm 0,01$), měrná elektrická vodivost (odchylka měření $\pm 0,5$ %)

3.4. Hodnocení fyzikálně – mechanických vlastností nátěrových filmů na skleněných panelech

3.4.1. Stanovení relativní povrchové tvrdosti

V kapitole jsou uvedeny výsledky stanovení relativní povrchové tvrdosti, která byla měřena na skleněných panelech s nátěrovým filmem za pomoci kyvadlového přístroje typu Perzos každý sedmý den po dobu devětadvaceti dní a následně šedesátý den. Hodnoty relativní povrchové tvrdosti jsou vztaženy ku tvrdosti skleněného standardu.

Tabulka 12. Hodnoty stanovení relativní povrchové tvrdosti nátěrových filmů na bázi epoxysterové pryskyřice pigmentovaných organickými a anorganickými pigmenty. DFT = 45 ± 5 μm

Pigment	OKP [%]	Relativní povrchová tvrdost [%]					
		1. den	8. den	15. den	22. den	29. den	60. den
C ₂₀ H ₁₂ N ₂ O ₄ Mg	1	3,3	3,3	4,5	4,8	5,0	5,5
	5	3,0	3,3	5,8	5,8	6,0	6,5
	10	3,0	3,3	4,5	5,3	6,0	6,5
C ₁₆ H ₂₉ N ₁ O ₄ Mg	1	6,5	18,0	31,3	31,3	37,0	37,5
	5	2,5	3,3	5,8	6,5	8,3	8,8
	10	3,5	3,8	4,5	4,5	5,5	6,0
C ₁₂ H ₂₁ N ₁ O ₄ Zn	1	4,0	7,8	24,8	25,8	32,0	32,5
	5	6,0	7,5	17,8	20,3	24,8	25,3
	10	6,3	7,3	10,0	10	11,8	12,3
C ₁₆ H ₂₉ N ₁ O ₄ Zn	1	4,5	14,5	22,5	24,8	27,0	27,5
	5	4,5	7,0	16,8	18,3	25,5	26,0
	10	4,3	5,3	8,5	8,8	12,8	13,3
C ₂₀ H ₁₂ N ₂ O ₄ Zn	1	2,8	3,3	4,0	4,5	6,0	6,5
	5	2,3	4,0	5,0	5,0	5,0	5,5
	10	3,5	3,8	5,0	5,0	5,8	6,3
MgO	1	7,5	22,0	35,5	37,8	40,8	41,3
	5	8,0	23,3	36,0	39,5	42,0	42,5
	10	4,8	10,5	29,8	30,5	36,0	36,5
Zn ₃ (PO ₄) ₂	1	7,3	16,3	30,5	30,8	34,3	34,8
	5	8,5	20,0	29,8	29,8	37,3	37,8
	10	7,5	19,8	30,5	30,5	34,3	34,8
ZnO	1	7,0	23,5	35,3	35,5	37,3	37,8
	5	10,3	22,5	33,5	36,0	40,8	41,3
	10	13,0	23,3	34,3	34,3	39,8	40,3
CaSiO ₃	1	10,0	19,8	32,5	32,5	37,5	38,0
	5	9,3	19,0	32,5	33,8	39,3	39,8
	10	7,3	18,8	32,5	34,5	40,8	41,3
TiO ₂	10	10,3	23,3	35,3	35,3	41,0	41,5

Odchylka měření relativní povrchové tvrdosti: 0,5 %.

Tabulka 13. Hodnoty stanovení relativní povrchové tvrdosti nátěrových filmů na bázi alkydové pryskyřice pigmentovaných organickými a anorganickými pigmenty. DFT = 45 ± 5 μm

Pigment	OKP [%]	Relativní povrchová tvrdost [%]							
		1. den	4. den	8. den	11. den	15. den	22. den	29. den	60. den
C ₂₀ H ₁₂ N ₂ O ₄ Mg	10	3,5	4,5	5,5	6,25	6,5	7	7	7,5
C ₁₆ H ₂₉ N ₁ O ₄ Mg	10	3,75	4,75	5,5	6,5	6	6,5	7	7,5
C ₁₂ H ₂₁ N ₁ O ₄ Zn	10	11,5	12,75	13,25	14,25	14,5	15,5	15,75	16,25
C ₁₆ H ₂₉ N ₁ O ₄ Zn	10	6,5	7,5	9,25	10,5	10,5	12,25	12,5	13
C ₂₀ H ₁₂ N ₂ O ₄ Zn	10	6	7	8,5	9,5	10,75	11,75	11,75	12,25
MgO	10	12,25	14,75	16	20	20	23,25	23,75	24,25
Zn ₃ (PO ₄) ₂	10	10,5	15	16,25	25,5	25,75	30,5	31,75	32,25
ZnO	10	4,75	4,75	4,75	5	5	5,5	5,75	6,25
CaSiO ₃	10	4,75	4,75	4,75	4,75	4,75	5,25	5,5	6
TiO ₂	10	5,25	5,25	5,25	5,75	5,75	5,75	6	6,5

Odchylka měření relativní povrchové tvrdosti: 0,5 %.

Tabulka 14. Hodnoty stanovení relativní povrchové tvrdosti nátěrových filmů na bázi epoxidové pryskyřice pigmentovaných organickými a anorganickými pigmenty. DFT = 45 ± 5 μm

Pigment	OKP [%]	Relativní povrchová tvrdost [%]					
		1. den	8. den	15. den	22. den	29. den	60. den
C ₂₀ H ₁₂ N ₂ O ₄ Mg	10	14,75	37	47,25	47,25	57,5	58
C ₁₆ H ₂₉ N ₁ O ₄ Mg	10	15,25	24,5	29	30,5	34,5	35
C ₁₂ H ₂₁ N ₁ O ₄ Zn	10	16,75	36,25	53,5	55	63,75	64,25
C ₁₆ H ₂₉ N ₁ O ₄ Zn	10	15	34,25	45,25	45,25	45,5	46
C ₂₀ H ₁₂ N ₂ O ₄ Zn	10	19,75	38,75	52,25	52,25	62,5	63
MgO	10	18,75	38,75	53	53	60,5	61
Zn ₃ (PO ₄) ₂	10	30	46,75	66	66,5	67,25	67,75
ZnO	10	23,5	33,25	53	53	56,5	57
CaSiO ₃	10	16	31,75	42,75	42,75	45,5	46
TiO ₂	10	17	34	45,25	45,75	54,25	54,75

odchylka měření relativní povrchové tvrdosti: 0,5 %.

3.4.2. Vyhodnocení MEK testu

V kapitole jsou uvedeny výsledky chemické odolnosti nátěrových filmů za pomoci MEK testu. Hodnoty byly měřeny každý sedmý den po dobu 29 dní a poté ještě 60. den.

Tabulka 15. Hodnoty chemické odolnosti nátěrových filmů na bázi epoxyesterové pryskyřice pigmentovaných organickými a anorganickými pigmenty. DFT = 45 ± 5 μm

Pigment	OKP [%]	1. den		8. den		15. den		22. den		29. den		60. den	
		Čas [min:s]	St	Čas [min:s]	St	Čas [min:s]	St	Čas [min:s]	St	Čas [min:s]	St	Čas [min:s]	St
C ₂₀ H ₁₂ N ₂ O ₄ Mg	1	00:30	0	00:40	0	00:58	0	01:04	0	01:12	0	01:15	0
	5	00:12	0	00:57	0	01:26	0	01:31	0	01:39	0	01:44	0
	10	00:47	0	00:49	0	01:08	0	01:13	0	01:19	0	01:25	0
C ₁₆ H ₂₉ N ₁ O ₄ Mg	1	01:26	0	01:57	0	02:27	0	02:33	0	02:38	0	02:44	0
	5	00:29	0	01:25	0	01:36	0	01:40	0	01:44	0	01:48	0
	10	00:17	0	00:30	0	00:55	0	01:01	0	01:08	0	01:13	0
C ₁₂ H ₂₁ N ₁ O ₄ Zn	1	01:10	0	01:33	0	02:49	0	02:55	0	03:02	0	03:06	0
	5	00:47	0	01:16	0	02:17	0	02:21	0	02:27	0	02:31	0
	10	00:29	0	00:48	0	01:54	0	02:03	0	02:09	0	02:13	0
C ₁₆ H ₂₉ N ₁ O ₄ Zn	1	00:51	0	01:52	0	03:42	0	03:50	0	03:56	0	04:02	0
	5	01:19	0	01:29	0	01:56	0	02:01	0	02:07	0	02:13	0
	10	00:48	0	00:51	0	00:55	0	01:00	0	01:05	0	01:09	0
C ₂₀ H ₁₂ N ₂ O ₄ Zn	1	00:13	0	00:21	0	00:46	0	00:52	0	00:59	0	01:03	0
	5	00:23	0	00:28	0	00:50	0	00:54	0	00:58	0	01:03	0
	10	00:27	0	00:29	0	01:01	0	01:07	0	01:13	0	01:17	0
MgO	1	01:23	0	01:31	0	03:02	0	03:05	0	03:09	0	03:14	0
	5	01:36	0	01:42	0	02:51	0	02:58	0	03:08	0	03:13	0
	10	00:51	0	01:28	0	04:30	0	04:36	0	04:41	0	04:44	0
Zn ₃ (PO ₄) ₂	1	01:43	0	01:51	0	03:27	0	03:33	0	03:39	0	03:45	0
	5	01:50	0	02:00	0	02:51	0	02:57	0	03:07	0	03:10	0
	10	01:40	0	02:23	0	02:54	0	03:00	0	03:08	0	03:12	0
ZnO	1	01:47	0	01:57	0	02:54	0	03:02	0	03:09	0	03:14	0
	5	01:41	0	01:42	0	02:48	0	02:56	0	03:06	0	03:11	0
	10	00:58	0	01:09	0	01:54	0	02:03	0	02:10	0	02:13	0
CaSiO ₃	1	01:28	0	01:38	0	02:58	0	03:04	0	03:09	0	03:15	0
	5	01:24	0	01:34	0	01:59	0	02:04	0	02:08	0	02:13	0
	10	01:01	0	01:21	0	02:09	0	02:16	0	02:22	0	02:28	0
TiO ₂	1	01:54	0	01:55	0	03:17	0	03:23	0	03:28	0	03:34	0

Tabulka 16. Hodnoty chemické odolnosti nátěrových filmů na bázi alkydové pryskyřice pigmentovaných organickými a anorganickými pigmenty. DFT = 45 ± 5 μm

Pigment	OKP [%]	1. den		8. den		15. den		22. den		29. den		60. den	
		Čas [min:s]	St	Čas [min:s]	St	Čas [min:s]	St	Čas [min:s]	St	Čas [min:s]	St	Čas [min:s]	St
C ₂₀ H ₁₂ N ₂ O ₄ Mg	10	01:33	0	02:12	0	02:41	0	03:37	0	03:58	0	04:03	0
C ₁₆ H ₂₉ N ₁ O ₄ Mg	10	00:45	0	01:23	0	01:52	0	02:48	0	02:59	0	03:06	0
C ₁₂ H ₂₁ N ₁ O ₄ Zn	10	01:02	0	01:46	0	02:09	0	03:14	0	03:23	0	03:30	0
C ₁₆ H ₂₉ N ₁ O ₄ Zn	10	01:41	0	02:13	0	02:48	0	03:34	0	03:44	0	03:50	0
C ₂₀ H ₁₂ N ₂ O ₄ Zn	10	01:07	0	02:01	0	02:12	0	02:09	0	02:24	0	02:31	0
MgO	10	03:06	0	05:00	3	05:00	4	05:00	4	05:00	4	05:00	4
Zn ₃ (PO ₄) ₂	10	02:56	0	05:00	4	05:00	4	05:00	4	05:00	4	05:00	4
ZnO	10	01:43	0	02:22	0	03:57	0	04:04	0	04:11	0	04:16	0
CaSiO ₃	10	01:46	0	01:49	0	02:23	0	02:24	0	02:34	0	02:35	0
TiO ₂	10	01:26	0	03:02	0	03:58	0	04:05	0	04:17	0	04:58	0

Tabulka 17. Hodnoty chemické odolnosti nátěrových filmů na bázi epoxyesterové pryskyřice pigmentovaných organickými a anorganickými pigmenty. DFT = 45 ± 5 μm

Pigment	OKP [%]	1. den		8. den		15. den		22. den		29. den		60. den	
		Čas [min:s]	St	Čas [min:s]	St	Čas [min:s]	St	Čas [min:s]	St	Čas [min:s]	St	Čas [min:s]	St
C ₂₀ H ₁₂ N ₂ O ₄ Mg	10	05:00	1	05:00	0	05:00	3	05:00	4	05:00	4	05:00	4
C ₁₆ H ₂₉ N ₁ O ₄ Mg	10	02:28	0	03:51	4	05:00	4	05:00	4	05:00	4	05:00	4
C ₁₂ H ₂₁ N ₁ O ₄ Zn	10	02:51	0	05:00	4	05:00	4	05:00	4	05:00	4	05:00	4
C ₁₆ H ₂₉ N ₁ O ₄ Zn	10	03:28	0	05:00	4	05:00	5	05:00	5	05:00	5	05:00	5
C ₂₀ H ₁₂ N ₂ O ₄ Zn	10	05:00	0	05:00	3	05:00	4	05:00	4	05:00	4	05:00	4
MgO	10	05:00	3	05:00	4	05:00	5	05:00	5	05:00	5	05:00	5
Zn ₃ (PO ₄) ₂	10	04:12	0	05:00	5	05:00	5	05:00	5	05:00	5	05:00	5
ZnO	10	03:17	0	05:00	5	05:00	5	05:00	5	05:00	5	05:00	5
CaSiO ₃	10	04:55	0	05:00	5	05:00	5	05:00	5	05:00	5	05:00	5
TiO ₂	10	05:00	4	05:00	5	05:00	5	05:00	5	05:00	5	05:00	5

3.4.3. Vyhodnocení lesku

V kapitole jsou uvedeny hodnoty stupňů lesku jednotlivých nátěrových filmů při úhlech měření 20°, 60°, a 85°. Hodnoty byly měřeny každý sedmý den po dobu 29 dní a poté ještě 60 den.

Tabulka 18. Hodnoty lesku nátěrových filmů na bázi epoxyesterové pryskyřice pigmentovaných organickými pigmenty. DFT = 45 ± 5 μm

Pigment	OKP [%]	Úhel	Stupeň lesku					
			1. den	8. den	15. den	22. den	29. den	60. den
C ₂₀ H ₁₂ N ₂ O ₄ Mg	1	20°	98,9	99,6	99,8	100,1	98,5	98,9
		60°	99,1	99,6	99,5	99,4	99,7	99,2
		85°	97,4	97,9	97,8	97,7	97,8	97,1
	5	20°	46	97,9	98,1	98,4	96,7	97,8
		60°	97,7	98,8	98,7	98,6	98,6	98,1
		85°	96,8	96,8	96,7	96,6	97,2	96,5
	10	20°	95,2	96,7	96,9	97,2	101	96,9
		60°	97,7	98,7	98,6	98,5	100	99,5
		85°	96,8	95,9	95,8	95,7	97,6	96,9
C ₁₆ H ₂₉ N ₁ O ₄ Mg	1	20°	87,3	86	86,2	84,5	77,1	95,0
		60°	95,9	96,2	96,1	94,0	93,2	92,7
		85°	96,5	93,8	93,7	93,8	93,2	92,5
	5	20°	87,1	84	84,2	84,5	77,1	95,0
		60°	95,5	94,2	94,1	94,0	93,2	92,7
		85°	95,1	94	93,9	93,8	93,2	92,5
	10	20°	71,6	76,7	76,9	77,2	77	89,3
		60°	89,1	90,2	90,1	90,0	91	90,5
		85°	87,1	88,3	88,2	88,1	89,8	89,1
C ₁₂ H ₂₁ N ₁ O ₄ Zn	1	20°	47,9	2,7	2,9	3,2	9	45,7
		60°	82,6	16,8	16,7	16,6	23,2	22,7
		85°	97	44,7	44,6	44,5	58,3	57,6
	5	20°	82,8	61,9	62,1	62,4	61,6	97,1
		60°	95,5	88,8	88,7	88,6	89	88,5
		85°	98,5	96,1	96	95,9	96,1	95,4
	10	20°	81,3	53,1	53,3	53,6	44,5	94,4
		60°	94,5	85,5	85,4	85,3	82,3	81,8
		85°	97,5	93,4	93,3	93,2	93,9	93,2
C ₁₆ H ₂₉ N ₁ O ₄ Zn	1	20°	91,2	91,4	91,6	91,9	91,7	96,8
		60°	97,3	97,3	97,2	97,1	97,8	97,3
		85°	95,5	95,8	95,7	95,6	95,5	94,8
	5	20°	86,2	68,8	69	69,3	70	94,4
		60°	95,9	90,1	90	89,9	91	90,5
		85°	95,9	93,4	93,3	93,2	93,7	93
	10	20°	76,9	11,5	11,7	12,0	9,2	9,1
		60°	92	57,9	57,8	57,7	54,3	53,8
		85°	95,3	90,3	90,2	90,1	91,7	91
C ₂₀ H ₁₂ N ₂ O ₄ Zn	1	20°	94,9	91,8	92	92,3	90,9	95,5
		60°	97,1	95,7	95,6	95,5	99,4	98,9
		85°	97	94,5	94,4	94,3	42,6	41,9
	5	20°	94,3	96,1	96,3	96,6	94,4	98,9
		60°	96,2	97,8	97,7	97,6	97,9	97,4
		85°	97,4	97,9	97,8	97,7	97,6	96,9
	10	20°	88,9	93,1	93,3	93,6	96,9	92,9
		60°	95	99,4	99,3	99,2	100	99,5
		85°	95,6	91,9	91,8	91,7	93,2	92,5

Tabulka 19. Hodnoty lesku nátěrových filmů na bázi epoxyesterových pryskyřic pigmentovaných anorganickými pigmenty. DFT = 45 ± 5 μm

Pigment	OKP [%]	Úhel	Stupeň lesku					
			1. den	8. den	15. den	22. den	29. den	60. den
MgO	1	20°	95	91,9	92,1	92,4	91,2	97,3
		60°	99,4	98	97,9	97,8	98	97,5
		85°	96,9	96,3	96,2	96,1	96,1	95,4
	5	20°	84	76,8	77	77,3	76,7	95,6
		60°	95,7	92,8	92,7	92,6	92,4	91,9
		85°	95,2	94,6	94,5	94,4	92,7	92
	10	20°	86,2	76,7	76,9	77,2	78	94,8
		60°	94	91,4	91,3	91,2	92,5	92
		85°	96,8	93,8	93,7	93,6	95	94,3
Zn ₃ (PO ₄) ₂	1	20°	89,5	89	89,2	89,5	81,3	93,7
		60°	96,2	95,3	95,2	95,1	38,3	37,8
		85°	97,5	92,7	92,6	92,5	78,8	78,1
	5	20°	94	92,7	92,9	93,2	93,2	98,0
		60°	98,9	97,9	97,8	97,7	98,2	97,7
		85°	98,4	97	96,9	96,8	96,5	95,8
	10	20°	91,1	90,3	90,5	90,8	87	98,4
		60°	97,8	96,7	96,6	96,5	96,4	95,9
		85°	98,1	97,4	97,3	97,2	95,6	94,9
ZnO	1	20°	97	94	94,2	94,5	89	97,4
		60°	99,9	98,8	98,7	98,6	99	98,5
		85°	98	96,4	96,3	96,2	89,7	89
	5	20°	96,2	94,5	94,7	95,0	92,6	98,3
		60°	99,4	98,5	98,4	98,3	98,1	97,6
		85°	98,2	97,3	97,2	97,1	95,6	94,9
	10	20°	95	93,3	93,5	93,8	92,8	97,8
		60°	98,7	98	97,9	97,8	98,2	97,7
		85°	98,6	96,8	96,7	96,6	97,5	96,8
CaSiO ₃	1	20°	89,3	90	90,2	90,5	90,2	97,4
		60°	96,7	96,5	96,4	96,3	97,1	96,6
		85°	98,1	96,4	96,3	96,2	96,1	95,4
	5	20°	89,5	89,9	90,1	90,4	85,2	95,8
		60°	96,7	96,3	96,2	96,1	97,1	96,6
		85°	98	94,8	94,7	94,6	96,1	95,4
	10	20°	81,7	76,5	76,7	77,0	75,2	92,0
		60°	95,2	94,6	94,5	94,4	95,4	94,9
		85°	93,1	91	90,9	90,8	91,8	91,1
TiO ₂	10	20°	95,2	90	90,2	90,5	89	97,0
		60°	99,6	97,5	97,4	97,3	98,1	97,6
		85°	98	96	95,9	95,8	91	90,3

Tabulka 20. Hodnoty lesku nátěrových filmů na bázi alkydové pryskyřice pigmentovaných organickými a anorganickými pigmenty. DFT = 45 ± 5 μm

Pigment	OKP [%]	Úhel	Stupeň lesku							
			1. den	4. den	8. den	11. den	15. den	22. den	29. den	60. den
C ₂₀ H ₁₂ N ₂ O ₄ Mg	10	20°	11,9	11,4	10,3	10,4	10,5	10,8	8,9	86,4
		60°	55,7	54,7	52,1	52	52	51,9	48,4	47,9
		85°	87,9	86,2	85,4	85,3	85,3	85,2	83	82,3
C ₁₆ H ₂₉ N ₁ O ₄ Mg	10	20°	14	14	13,9	14	14,1	14,4	12,2	88,2
		60°	59,7	59,2	58,8	58,7	58,7	58,6	55,8	55,3
		85°	88,7	88,1	87,2	87,2	87,1	87,0	83,6	82,9
C ₁₂ H ₂₁ N ₁ O ₄ Zn	10	20°	10,1	9,6	8,9	9	9,1	9,4	7,8	77,7
		60°	50,9	48,6	46	46	45,9	45,8	44,3	43,8
		85°	86,1	77,8	76,7	76,6	76,6	76,5	83,1	82,4
C ₁₆ H ₂₉ N ₁ O ₄ Zn	10	20°	10,3	10	9,7	9,8	9,9	10,2	8,8	82,8
		60°	48,7	49,3	46,7	46,7	46,6	46,5	43,9	43,4
		85°	83,1	82,3	81,8	81,7	81,7	81,6	79,8	79,1
C ₂₀ H ₁₂ N ₂ O ₄ Zn	10	20°	50	49,9	49,8	49,9	50	50,3	47,7	97,4
		60°	89	87,3	86,2	86,2	86,1	86,0	83,2	82,7
		85°	96,5	96,5	96,4	96,3	96,3	96,2	94,9	94,2
MgO	10	20°	7	6,6	6	6,1	6,2	3,5	2,8	2,4
		60°	43,8	42,9	42,3	42,3	42,2	32,5	30,1	28,7
		85°	90,9	91,2	91,8	94,3	97,6	89,1	87,8	86,9
Zn ₃ (PO ₄) ₂	10	20°	31,7	30,6	29,7	29,8	29,9	21	19,7	18,8
		60°	68,5	68	67,6	67,6	67,5	60,6	59,6	58,7
		85°	95,1	95,4	95,9	94,8	94,2	93,6	92,5	93,1
ZnO	10	20°	73,1	88,4	96,9	97	97,1	63,4	60,3	60,8
		60°	86,7	86,2	85,9	85,9	85,8	84,9	83,5	83,2
		85°	96,2	96,4	96,6	96,7	96,8	96,4	95,6	95
CaSiO ₃	10	20°	30,2	30,5	37,5	37,6	37,7	26,9	27,4	25
		60°	77,2	80,6	83,8	83,8	83,7	75,9	73,6	82,7
		85°	82,9	87,2	90,1	89,4	88,5	84,1	83,5	94,1
TiO ₂	10	20°	84,6	84,8	84,9	85	85,1	83,4	82,8	81,9
		60°	90,7	90,9	91	90,9	90,9	90,6	90,1	90
		85°	96,9	97,1	97,3	93,4	91,4	96,8	95,7	96,5

Tabulka 21. Hodnoty lesku nátěrových filmů na bázi epoxidové pryskyřice pigmentovaných organickými a anorganickými pigmenty. DFT = $45 \pm 5 \mu\text{m}$

Pigment	OKP [%]	Úhel	Stupeň lesku					
			1. den	8. den	15. den	22. den	29. den	60. den
$\text{C}_{20}\text{H}_{12}\text{N}_2\text{O}_4\text{Mg}$	10	20°	68,2	59,7	59,9	87,5	84,6	82,3
		60°	97,3	88,5	88,4	88,27	85,8	89,4
		85°	94	87,3	87,2	87,1	87,2	94,1
$\text{C}_{16}\text{H}_{29}\text{N}_1\text{O}_4\text{Mg}$	10	20°	40,9	28,7	28,9	28,6	24,3	25,5
		60°	80,4	74,3	74,2	74,7	71,2	70,7
		85°	78,7	78,4	78,3	78,2	77,2	76,5
$\text{C}_{12}\text{H}_{21}\text{N}_1\text{O}_4\text{Zn}$	10	20°	46,7	86,8	87	94,9	85,9	87,1
		60°	101	98,6	98,5	98,37	99,4	98,9
		85°	98,1	94,7	94,6	94,5	95,5	94,8
$\text{C}_{16}\text{H}_{29}\text{N}_1\text{O}_4\text{Zn}$	10	20°	59,7	38	38,2	82,9	34,6	35,8
		60°	92,4	78,3	78,2	78,07	75	74,5
		85°	91,3	82,7	82,6	82,5	79	78,3
$\text{C}_{20}\text{H}_{12}\text{N}_2\text{O}_4\text{Zn}$	10	20°	89,5	74,9	75,1	99,9	51,3	52,5
		60°	101	98,7	98,6	98,47	99,8	99,3
		85°	95,8	99,7	99,6	99,5	53,4	52,7
MgO	10	20°	87,9	64,3	64,5	96,3	52,3	53,5
		60°	100	93,5	93,4	93,27	86,6	86,1
		85°	97,1	96,1	96	95,9	95,3	94,6
$\text{Zn}_3(\text{PO}_4)_2$	10	20°	100	85,8	86	96,0	84,4	85,6
		60°	102	100	99,9	99,77	100	99,5
		85°	98,8	95,8	95,7	95,6	97,1	96,4
ZnO	10	20°	79,6	74,8	75	96,2	69,8	71
		60°	100	96	95,9	95,77	94,3	93,8
		85°	97,8	96	95,9	95,8	96,1	95,4
CaSiO ₃	10	20°	60,2	36,9	37,1	36,2	32,9	34,1
		60°	102	91,2	91,1	90,97	87,1	86,6
		85°	94,3	86	85,9	85,8	84,3	83,6
TiO ₂	10	20°	97,3	89	89,2	96,5	88	89,2
		60°	103	99,8	99,7	99,57	99,5	99
		85°	99	96,3	96,2	96,1	96,7	96

3.4.4. Vyhodnocení Buchholtzovy vrypové zkoušky

V kapitole jsou uvedeny průměrné délky vrypů na jednotlivých nátěrových filmech. Hodnoty byly měřeny každý sedmý den po dobu devětadvaceti dní a následně šedesátý den.

Tabulka 22. Hodnoty průměrných délek vrypu na organických povlácích na bázi epoxyesterových pryskyřic pigmentovaných organickými a anorganickými pigmenty. DFT = $45 \pm 5 \mu\text{m}$

Pigment	OKP [%]	Průměrné délky vrypů [mm]					
		1. den	8. den	15. den	22. den	29. den	60. den
C ₂₀ H ₁₂ N ₂ O ₄ Mg	1	1,61	1,454	1,327	1,238	1,156	1,124
	5	1,456	1,327	1,307	1,218	1,136	1,104
	10	1,714	1,699	1,503	1,414	1,332	1,3
C ₁₆ H ₂₉ N ₁ O ₄ Mg	1	2,265	2,088	1,441	1,352	1,27	1,238
	5	1,94	1,68	1,625	1,536	1,454	1,422
	10	1,885	1,805	1,445	1,356	1,274	1,242
C ₁₂ H ₂₁ N ₁ O ₄ Zn	1	2,89	1,955	1,652	1,563	1,481	1,449
	5	2,252	1,454	1,176	1,087	1,005	0,973
	10	2,349	1,328	1,209	1,12	1,038	1,006
C ₁₆ H ₂₉ N ₁ O ₄ Zn	1	2,474	1,95	1,611	1,522	1,44	1,408
	5	2,346	1,718	1,673	1,584	1,502	1,47
	10	2,566	1,936	1,886	1,797	1,715	1,683
C ₂₀ H ₁₂ N ₂ O ₄ Zn	1	1,036	1,533	1,445	1,356	1,274	1,242
	5	1,132	1,033	1,027	0,938	0,856	0,824
	10	1,223	1,109	1,029	0,94	0,858	0,826
MgO	1	2,038	1,512	1,419	1,33	1,248	1,216
	5	1,561	1,423	1,386	1,297	1,215	1,183
	10	2,802	1,426	1,368	1,279	1,197	1,165
Zn ₃ (PO ₄) ₂	1	1,922	1,508	1,216	1,127	1,045	1,013
	5	1,625	1,387	1,305	1,216	1,134	1,102
	10	1,713	1,665	1,526	1,437	1,355	1,323
ZnO	1	1,755	1,597	1,375	1,286	1,204	1,172
	5	1,578	1,514	1,478	1,389	1,307	1,275
	10	1,53	1,487	1,376	1,287	1,205	1,173
CaSiO ₃	1	1,889	1,421	1,255	1,166	1,084	1,052
	5	1,924	1,364	1,175	1,086	1,004	0,972
	10	1,908	1,292	1,268	1,179	1,097	1,065
TiO ₂	10	1,654	1,331	1,247	1,158	1,076	1,044

Tabulka 23. Hodnoty průměrných délek vrypu na organických povlácích na bázi alkydové pryskyřice pigmentovaných organickými a anorganickými pigmenty. DFT = $45 \pm 5 \mu\text{m}$

Pigment	OKP [%]	Průměrné délky vrypů [mm]							
		1. den	4. den	8. den	11. den	15. den	22. den	29. den	60. den
C ₂₀ H ₁₂ N ₂ O ₄ Mg	10	1,523	1,492	1,476	1,3525	1,229	1,14	1,058	1,026
C ₁₆ H ₂₉ N ₁ O ₄ Mg	10	1,564	1,513	1,497	1,3795	1,262	1,173	1,091	1,059
C ₁₂ H ₂₁ N ₁ O ₄ Zn	10	1,743	1,705	1,688	1,5815	1,475	1,386	1,304	1,272
C ₁₆ H ₂₉ N ₁ O ₄ Zn	10	1,925	1,895	1,886	1,7645	1,643	1,554	1,472	1,44
C ₂₀ H ₁₂ N ₂ O ₄ Zn	10	1,129	1,114	1,109	1,016	0,923	0,834	0,752	0,72
MgO	10	1,606	1,526	1,51	1,4045	1,299	1,21	1,128	1,096
Zn ₃ (PO ₄) ₂	10	1,723	1,654	1,622	1,4975	1,373	1,284	1,202	1,17
ZnO	10	2,199	1,997	1,864	1,8025	1,741	1,652	1,57	1,538
CaSiO ₃	10	2,261	1,936	1,853	1,747	1,641	1,552	1,47	1,438
TiO ₂	10	2,011	1,853	1,636	1,556	1,458	1,369	1,287	1,255

Tabulka 24. Hodnoty průměrných délek vrypu na organických povlacích na bázi epoxidové pryskyřice pigmentovaných organickými a anorganickými pigmenty. DFT = $45 \pm 5 \mu\text{m}$

Pigment	OKP [%]	Průměrné délky vrypů [mm]					
		1. den	8. den	15. den	22. den	29. den	60. den
$\text{C}_{20}\text{H}_{12}\text{N}_2\text{O}_4\text{Mg}$	10	2,024	1,178	1,043	0,954	0,872	0,84
$\text{C}_{16}\text{H}_{29}\text{N}_1\text{O}_4\text{Mg}$	10	2,232	1,413	1,084	0,995	0,913	0,881
$\text{C}_{12}\text{H}_{21}\text{N}_1\text{O}_4\text{Zn}$	10	2,282	2,218	1,235	1,146	1,064	1,032
$\text{C}_{16}\text{H}_{29}\text{N}_1\text{O}_4\text{Zn}$	10	2,324	1,142	1,081	0,992	0,91	0,878
$\text{C}_{20}\text{H}_{12}\text{N}_2\text{O}_4\text{Zn}$	10	1,836	1,256	0,868	0,779	0,697	0,665
MgO	10	1,806	1,146	0,799	0,71	0,628	0,596
$\text{Zn}_3(\text{PO}_4)_2$	10	1,591	0,93	0,752	0,663	0,581	0,549
ZnO	10	1,519	1,131	0,878	0,789	0,707	0,675
CaSiO_3	10	2,41	2,252	1,721	1,632	1,55	1,518
TiO_2	10	1,788	1,335	0,753	0,664	0,582	0,55

3.4.5. Stanovení přilnavosti nátěrového filmu mřížkovou metodou

V kapitole jsou uvedeny výsledky mechanických zkoušek provedených na ocelových panelech třídy DC01, na sklech a na Q panelech po zrychlených korozních zkouškách. Na skleněné panely a na panely třídy DC01 byl použit řezací nástroj s rozstupem čepelí 1 mm, na Q panely byl použit řezací nástroj s rozstupem čepelí 2 mm. Naměřené hodnoty jsou uvedeny v následujících tabulkách.

Tabulka 25. Výsledky hodnocení přilnavosti nátěrového filmu mřížkovou metodou na nátěrových filmech na bázi epoxyesterové pryskyřice pigmentovaných organickými a anorganickými pigmenty.

Pigment	OKP [%]	Cross cut test 2 mm [st]			Cross cut test 1	
		Panel po kondenzační komoře	Panel po směsné komoře	Panel po komoře s obsahem SO ₂	Ocel	Sklo
C ₂₀ H ₁₂ N ₂ O ₄ Mg	1	1	1	1	2	2
	5	1	1	1	2	2
	10	1	1	1	1	1
C ₁₆ H ₂₉ N ₁ O ₄ Mg	1	2	1	2	2	1
	5	1	1	2	1	4
	10	2	5	1	3	5
C ₁₂ H ₂₁ N ₁ O ₄ Zn	1	2	2	2	2	5
	5	2	4	1	2	5
	10	2	3	1	2	5
C ₁₆ H ₂₉ N ₁ O ₄ Zn	1	2	1	1	2	2
	5	2	2	1	2	5
	10	2	2	2	1	5
C ₂₀ H ₁₂ N ₂ O ₄ Zn	1	1	2	1	1	2
	5	1	1	1	1	1
	10	1	1	1	1	1
MgO	1	5	5	4	2	1
	5	5	4	1	2	2
	10	2	2	1	1	4
Zn ₃ (PO ₄) ₂	1	2	4	1	2	1
	5	2	1	1	2	1
	10	1	2	2	2	1
ZnO	1	2	1	1	2	5
	5	1	1	1	2	5
	10	3	1	1	1	2
CaSiO ₃	1	1	1	1	2	1
	5	1	1	1	2	5
	10	1	1	1	1	5
TiO ₂	10	5	4	1	2	1

Tabulka 26. Výsledky hodnocení přilnavosti nátěrového filmu na bázi alkydové pryskyřice mřížkovou metodou na nátěrových filmech pigmentovaných organickými a anorganickými pigmenty.

Pigment	OKP [%]	Cross cut test 2 mm [st]			Cross cut test 1	
		Panel po kondenzační komoře	Panel po směsné komoře	Panel po komoře s obsahem SO ₂	Ocel	Sklo
C ₂₀ H ₁₂ N ₂ O ₄ Mg	10	1	1	5	2	4
C ₁₆ H ₂₉ N ₁ O ₄ Mg	10	5	5	2	3	3
C ₁₂ H ₂₁ N ₁ O ₄ Zn	10	2	3	2	2	4
C ₁₆ H ₂₉ N ₁ O ₄ Zn	10	2	1	2	2	5
C ₂₀ H ₁₂ N ₂ O ₄ Zn	10	1	1	2	1	1
MgO	10	4	5	5	2	1
Zn ₃ (PO ₄) ₂	10	4	3	4	3	1
ZnO	10	4	1	1	2	3
CaSiO ₃	10	3	5	2	1	1
TiO ₂	10	4	1	3	2	3

Tabulka 27. Výsledky hodnocení přilnavosti nátěrového filmu na bázi epoxidové pryskyřice mřížkovou metodou na nátěrových filmech pigmentovaných organickými a anorganickými pigmenty.

Pigment	OKP [%]	Cross cut test 2 mm [st]			Cross cut test 1	
		Panel po kondenzační komoře	Panel po směsné komoře	Panel po komoře s obsahem SO ₂	Ocel	Sklo
C ₂₀ H ₁₂ N ₂ O ₄ Mg	10	1	5	1	1	1
C ₁₆ H ₂₉ N ₁ O ₄ Mg	10	5	5	4	5	5
C ₁₂ H ₂₁ N ₁ O ₄ Zn	10	2	4	4	1	1
C ₁₆ H ₂₉ N ₁ O ₄ Zn	10	1	3	2	1	5
C ₂₀ H ₁₂ N ₂ O ₄ Zn	10	1	1	1	1	1
MgO	10	1	1	1	1	1
Zn ₃ (PO ₄) ₂	10	1	1	1	2	1
ZnO	10	1	1	1	2	1
CaSiO ₃	10	1	1	1	1	1
TiO ₂	10	1	2	1	1	1

3.5. Hodnocení fyzikálně – mechanických vlastností nátěrových filmů na ocelových panelech

3.5.1. Hodnocení odolnosti vůči hloubení, ohybu a padajícímu závaží

V kapitole jsou uvedeny výsledky mechanických zkoušek provedených na ocelových panelech třídy DC01. Byla provedena zkouška hloubením, zkouška ohybem přes trh a zkouška pomocí padajícího závaží. Naměřené hodnoty jsou uvedeny v následujících tabulkách.

Tabulka 28. Hodnoty mechanické odolnosti nátěrových filmů na bázi epoxyesterové pryskyřice pigmentovaných organickými a anorganickými pigmenty. DFT = $45 \pm 10 \mu\text{m}$

Pigment	OKP [%]	Mechanické zkoušky na ocelových panelech		
		Hloubení [mm]	Ohyb [mm]	Úder [cm]
C ₂₀ H ₁₂ N ₂ O ₄ Mg	1	> 10	< 4	> 100
	5	> 10	< 4	> 100
	10	> 10	< 4	> 100
C ₁₆ H ₂₉ N ₁ O ₄ Mg	1	> 10	< 4	> 100
	5	> 10	< 4	> 100
	10	> 10	< 4	> 100
C ₁₂ H ₂₁ N ₁ O ₄ Zn	1	> 10	< 4	> 100
	5	> 10	< 4	> 100
	10	> 10	< 4	> 100
C ₁₆ H ₂₉ N ₁ O ₄ Zn	1	> 10	< 4	> 100
	5	> 10	< 4	> 100
	10	> 10	< 4	> 100
C ₂₀ H ₁₂ N ₂ O ₄ Zn	1	> 10	< 4	> 100
	5	> 10	< 4	> 100
	10	> 10	< 4	> 100
MgO	1	> 10	< 4	> 100
	5	> 10	< 4	> 100
	10	> 10	< 4	> 100
Zn ₃ (PO ₄) ₂	1	> 10	< 4	> 100
	5	> 10	< 4	> 100
	10	> 10	< 4	> 100
ZnO	1	> 10	< 4	> 100
	5	> 10	< 4	> 100
	10	> 10	< 4	> 100
CaSiO ₃	1	> 10	< 4	> 100
	5	> 10	< 4	> 100
	10	> 10	< 4	> 100
TiO ₂	10	> 10	< 4	> 100

Tabulka 29. Hodnoty mechanické odolnosti nátěrových filmů na bázi alkydové pryskyřice pigmentovaných organickými a anorganickými pigmenty. DFT = $45 \pm 10\mu\text{m}$

Pigment	OKP [%]	Mechanické zkoušky na ocelových panelech		
		Hloubení [mm]	Ohyb [mm]	Úder [cm]
$\text{C}_{20}\text{H}_{12}\text{N}_2\text{O}_4\text{Mg}$	10	8,97	4	> 100
$\text{C}_{16}\text{H}_{29}\text{N}_1\text{O}_4\text{Mg}$	10	9,31	4	> 100
$\text{C}_{12}\text{H}_{21}\text{N}_1\text{O}_4\text{Zn}$	10	> 10	4	> 100
$\text{C}_{16}\text{H}_{29}\text{N}_1\text{O}_4\text{Zn}$	10	> 10	4	> 100
$\text{C}_{20}\text{H}_{12}\text{N}_2\text{O}_4\text{Zn}$	10	8,53	4	> 100
MgO	10	> 10	4	> 100
$\text{Zn}_3(\text{PO}_4)_2$	10	> 10	4	> 100
ZnO	10	> 10	4	> 100
CaSiO_3	10	> 10	4	> 100
TiO_2	10	> 10	4	> 100

Tabulka 30. Hodnoty mechanické odolnosti nátěrových filmů na bázi epoxidové pryskyřice pigmentovaných organickými a anorganickými pigmenty, DFT = $45 \pm 10\mu\text{m}$

Pigment	OKP [%]	Mechanické zkoušky na ocelových panelech		
		Hloubení [mm]	Ohyb [mm]	Úder [cm]
$\text{C}_{20}\text{H}_{12}\text{N}_2\text{O}_4\text{Mg}$	10	8,05	16	20
$\text{C}_{16}\text{H}_{29}\text{N}_1\text{O}_4\text{Mg}$	10	5,12	25	< 5
$\text{C}_{12}\text{H}_{21}\text{N}_1\text{O}_4\text{Zn}$	10	2,76	16	< 5
$\text{C}_{16}\text{H}_{29}\text{N}_1\text{O}_4\text{Zn}$	10	2,64	25	< 5
$\text{C}_{20}\text{H}_{12}\text{N}_2\text{O}_4\text{Zn}$	10	5,79	20	< 5
MgO	10	> 10	8	40
$\text{Zn}_3(\text{PO}_4)_2$	10	5,67	4	5
ZnO	10	9,28	4	15
CaSiO_3	10	9,89	4	80
TiO_2	10	9,92	4	10

3.5.2. Stanovení změny barevnosti organického povlaku

Tabulka 31. Hodnoty stanovení změny barevnosti organických nátěrových filmů na bázi epoxyesterové pryskyřice.

Pigment	OKP [%]	Čas expozice [hod]	L*	a*	b*	ΔE*
C ₂₀ H ₁₂ N ₂ O ₄ Mg	1	120	85,93	-0,05	14,18	17,65
		240	88,39	-0,39	14,16	19,82
		360	89,16	-0,33	11,56	21,24
	5	120	63,2	-0,1	11,11	25,24
		240	65,27	-0,13	8,48	28,53
		360	69,72	0,23	7,98	31,64
	10	120	42,84	-0,48	7,38	23,64
		240	48,4	-0,88	4,56	29,28
		360	52,62	-1,23	1,48	34,38
C ₁₆ H ₂₉ N ₁ O ₄ Mg	1	120	91,25	-1,56	8,96	5,04
		240	92,59	-1,17	10,09	5,94
		360	89,33	1,04	20,83	17,11
	5	120	92,51	-1,67	8,43	3,24
		240	91,42	-1,43	12,53	7,48
		360	88,75	0,1	18,78	14,37
	10	120	89,27	-2,09	6,95	1,12
		240	88,61	-2,19	11,2	4,17
		360	88,31	-1,56	10,69	3,98
C ₁₂ H ₂₁ N ₁ O ₄ Zn	1	120	92,9	-1,5	8,47	2,93
		240	92,25	-0,88	9,55	3,61
		360	91,1	-0,18	12,45	5,7
	5	120	92,14	-1,01	7,4	7,29
		240	91,63	-0,86	9,57	5,1
		360	89,78	-0,02	15,16	2,06
	10	120	88,31	-1,62	4,97	9,86
		240	87,96	-2,23	7,73	7,03
		360	86,89	-1,52	9,95	4,85
C ₁₆ H ₂₉ N ₁ O ₄ Zn	1	120	90,72	-1,7	7,91	6,02
		240	92,19	-1,12	7,24	5,14
		360	91,67	-0,66	6,98	4,93
	5	120	90,22	-1,88	6,86	2,74
		240	90,55	-1,71	8,22	3,98
		360	89,77	-1,09	9,76	5,51
	10	120	88,51	-2,14	6,24	1,17
		240	88	-2,21	9,09	3,72
		360	87,77	-1,65	8,46	3,02
C ₂₀ H ₁₂ N ₂ O ₄ Zn	1	120	82,77	3,48	17,42	14,54
		240	87,04	2,09	13,91	18,68
		360	88,9	1,24	14,88	20,26
	5	120	57,58	4,06	15,3	15,41
		240	63,08	3,63	9,84	22,66
		360	66,07	3,68	15,3	23,33
	10	120	31,51	2,23	7,72	12,79
		240	40,46	1,23	3,08	22,75
		360	41,18	1	5,78	22,08

Tabulka 32. Hodnoty stanovení změny barevnosti anorganických nátěrových filmů s pojivem epoxyesterovou pryskyřicí

Pigment	OKP [%]	Čas expozice [hod]	L*	a*	b*	ΔE*
MgO	1	120	88,73	-1,3	7,58	7,06
		240	90,36	-0,2	8,06	7,33
		360	83,75	2,76	22,15	22,82
	5	120	86,45	-2,45	5,99	7,85
		240	85,81	-2,31	9,53	11,24
		360	75,72	2,67	26,75	30,12
	10	120	60,9	-2,03	5,92	2,81
		240	62,08	-1,81	5,87	3,12
		360	64,41	-0,82	6,32	5,08
Zn ₃ (PO ₄) ₂	1	120	90,77	-1,79	8,57	8,07
		240	91,29	-1,32	8,73	8,1
		360	85,81	3,8	30,03	30,51
	5	120	89,26	-2,18	7,63	5,86
		240	89,87	-1,71	9,88	7,97
		360	88,69	-1,01	11,97	10,21
	10	120	80,23	-2,13	-0,26	4,42
		240	79,91	-2	0,98	3,21
		360	74,98	-0,3	8,75	6,81
ZnO	1	120	88,4	-2,11	4,13	3,05
		240	88,62	-2,18	6,67	5,52
		360	81,76	3,33	26,04	26,38
	5	120	88,94	-2,06	4,63	0,82
		240	89,7	-2,06	7,09	3,21
		360	87,58	0,04	11,32	7,88
	10	120	87,1	-2,17	3,02	3,58
		240	87,97	-2,22	5,51	5,91
		360	84,08	1,13	18,41	19,38
CaSiO ₃	1	120	90,68	-1,63	9,01	7,58
		240	90,89	-0,91	9,76	8,31
		360	88,24	0,44	15,04	14,16
	5	120	90,34	-1,66	7,18	7,25
		240	90,65	-1,05	8,16	8,2
		360	86,35	1,09	19,52	20,24
	10	120	89,66	-1,79	6,79	6,99
		240	89,87	-1,19	7,79	7,94
		360	84,55	2,37	18,59	20
TiO ₂	10	120	91,08	-1,77	7,79	5,92
		240	92,02	-1,09	7,96	5,95
		360	89,87	-0,38	10,92	9,27

Tabulka 33. Hodnoty stanovení změny barevnosti organických a anorganických nátěrových filmů na bázi alkydové pryskyřice.

Pigment	OKP [%]	Čas expozice [hod]	L*	a*	b*	ΔE*
C ₂₀ H ₁₂ N ₂ O ₄ Mg	10	120	43,32	9,15	18,85	15,24
		240	47,51	9,22	18,3	19,26
C ₁₆ H ₂₉ N ₁ O ₄ Mg	10	120	89,53	-1,84	4,69	5,28
		240	89,41	-1,73	4,52	5,41
C ₁₂ H ₂₁ N ₁ O ₄ Zn	10	120	82,18	-1,97	2,52	24,65
		240	82,07	-2,08	1,05	25,89
C ₁₆ H ₂₉ N ₁ O ₄ Zn	10	120	88,28	-1,74	6,44	23,51
		240	88,6	-1,69	6	24,02
C ₂₀ H ₁₂ N ₂ O ₄ Zn	10	120	36,49	9,16	13,45	16,34
		240	36,41	11,42	12,89	17,33
MgO	10	120	61,94	-2,56	6,95	5,24
		240	51,5	4,91	9,44	9,03
Zn ₃ (PO ₄) ₂	10	120	82,31	-3,06	3,03	8,94
		240	82,95	-2,45	-0,16	12,22
ZnO	10	120	89,06	-2,17	4,16	5,94
		240	88,28	-1,95	5,54	7,34
CaSiO ₃	10	120	59,76	-0,62	8,91	2,16
		240	41,07	11,21	17,42	23,59
TiO ₂	10	120	93,65	-0,83	5	4,39
		240	94,5	-0,72	4,49	5,24

Tabulka 34. Hodnoty stanovení změny barevnosti organických a anorganických nátěrových filmů na bázi epoxidové pryskyřice

Pigment	OKP [%]	Čas expozice [hod]	L*	a*	b*	ΔE*
C ₂₀ H ₁₂ N ₂ O ₄ Mg	10	120	72,33	-1,17	10,21	48,28
		240	72,16	-0,24	9,95	48,19
C ₁₆ H ₂₉ N ₁ O ₄ Mg	10	120	86,16	-1,76	5,42	5,69
		240	83,21	-0,16	12,19	9,35
C ₁₂ H ₂₁ N ₁ O ₄ Zn	10	120	87,37	-1,94	7,16	3,78
		240	81,64	0,36	13,76	7,63
C ₁₆ H ₂₉ N ₁ O ₄ Zn	10	120	83,71	-2,92	13,35	8,21
		240	85,75	-1,3	8,25	4,39
C ₂₀ H ₁₂ N ₂ O ₄ Zn	10	120	67,26	0,34	14,55	47,69
		240	58,42	1,19	9,14	39,81
MgO	10	120	54,64	-1,07	7,59	8,16
		240	77,84	-2,47	10,65	26,47
Zn ₃ (PO ₄) ₂	10	120	80,24	-2,73	5,48	9,96
		240	82,54	-2,2	7,64	11,68
ZnO	10	120	76,16	-3,15	8,49	11,38
		240	81,8	-1,87	9,3	12,14
CaSiO ₃	10	120	56,45	-0,63	5,42	4,09
		240	71,93	-1,5	7,19	16,31
TiO ₂	10	120	87,56	-1,12	14,23	13,68
		240	88,84	-0,6	8,2	7,57

3.6. Hodnocení zrychlených korozních zkoušek

3.6.1. Hodnocení korozní odolnosti nátěrového filmu v atmosféře s obsahem SO₂

V kapitole jsou uvedeny výsledky zrychlených korozních zkoušek v atmosféře s obsahem SO₂ provedených na ocelových panelech s nátěrovým filmem. Na každém panelu byly hodnoceny puchýře ploše a v řezu a též koroze v ploše a v řezu. Po stažení nátěrového filmu byla hodnocena i míra podkorodování kovového podkladu. Hodnoty jsou zaznamenány v následujících tabulkách.

Tabulka 35. Hodnoty korozní odolnosti u nátěrových filmů na bázi epoxyesterové pryskyřice v závislosti na čase. Doba působení atmosféry s obsahem SO₂ 480 a 960 hodin DFT= 95 ± 5 μm

Pigment	OKP [%]	Hodnocení po 480 hod.				Hodnocení po 960 hod			
		Puchýře		Koroze		Puchýře		Koroze	
		Plocha [st.]	Řez [st.]	Plocha [%]	Řez [%]	Plocha [st.]	Řez [st.]	Plocha [%]	Řez [%]
C ₂₀ H ₁₂ N ₂ O ₄ Mg	1	6D	6MD	-	50	6D	4D	-	100
	5	6MD	4M	1	10	6D	4M	10	100
	10	4M	6F	-	-	6D	6D	10	50
C ₁₆ H ₂₉ N ₁ O ₄ Mg	1	8F	6F	-	16	8M	4MD	-	33
	5	8MD	4F	-	16	6MD	4MD	-	100
	10	8MD	4F	1	16	6M	4MD	1	100
C ₁₂ H ₂₁ N ₁ O ₄ Zn	1	8F	8M	-	0,3	8F	4MD	-	10
	5	8F	6F	-	3	8D	4F	1	3
	10	8F	6F	-	0,3	2M	2M	-	3
C ₁₆ H ₂₉ N ₁ O ₄ Zn	1	-	8M	-	0,3	8F	8D	-	16
	5	8F	8M	-	0,1	8M	6MD	-	3
	10	8F	8MD	-	0,1	8M	8MD	-	3
C ₂₀ H ₁₂ N ₂ O ₄ Zn	1	4MD	4M	-	33 %	2MD	4M	-	100
	5	4M	6MD	-	50 %	4MD	6MD	-	100
	10	4M	8M	-	33	2M	6M	-	50
MgO	1	8F	8F	-	0,1	2MD	4D	-	50
	5	8M	8M	-	0,3	2D	4D	-	50
	10	8F	6MD	-	0,03	8M	6MD	-	50
Zn ₃ (PO ₄) ₂	1	-	8M	-	0,1	8M	8MD	-	16
	5	-	8F	-	0,1	8F	6M	-	3
	10	-	8F	-	0,03	8F	6M	-	1
ZnO	1	8F	8F	-	0,1	8M	8M	-	3
	5	8F	8F	-	0,1	6M	6MD	-	3
	10	8F	8M	-	0,1	6M	6M	-	10
CaSiO ₃	1	8F	8F	-	0,1	8MD	6F	-	1
	5	8F	8F	-	0,03	8F	6M	-	1
	10	8F	8M	-	0,03	8M	6M	-	3
TiO ₂	10	8M	8M	-	0,03	8MD	8MD	-	1

Tabulka 36. Hodnoty korozní odolnosti u nátěrových filmů na bázi epoxysterové pryskyřice v závislosti na čase a hodnocení podkorodování po stažení nátěrového filmu. Doba působení atmosféry s obsahem SO₂ 1200 hodin DFT= 95 ± 5 μm

Pigment	OKP [%]	Hodnocení po 1200 hod.				Hodnocení koroze po stažení	
		Puchýře		Koroze		Plocha [%]	Řez [st.]
		Plocha [st.]	Řez [st.]	Plocha [%]	Řez [%]		
C ₂₀ H ₁₂ N ₂ O ₄ Mg	1	6D	4D	0,3	100	10	2
	5	6D	4M	16	100	10	2
	10	6D	6D	16	100	3	1
C ₁₆ H ₂₉ N ₁ O ₄ Mg	1	8M	4MD	-	33	0,01	2
	5	6D	4MD	-	100	3	1
	10	6D	4MD	10	100	33	3a
C ₁₂ H ₂₁ N ₁ O ₄ Zn	1	8M	4D	-	50	50	3a
	5	2M	4M	1	10	0,01	1
	10	2M	2M	-	10	0,01	1
C ₁₆ H ₂₉ N ₁ O ₄ Zn	1	8F	6D	-	50	0,01	2
	5	8M	4M	-	10	0,01	2
	10	8MD	6MD	-	3	50	1
C ₂₀ H ₁₂ N ₂ O ₄ Zn	1	2MD	4MD	0,3	100	16	3a
	5	2MD	6D	0,3	100	3	1
	10	2M	6MD	0,1	100	0,3	1
MgO	1	2MD	4D	-	50	3	1
	5	2D	4D	-	100	16	2
	10	6MD	4MD	3	100	10	2
Zn ₃ (PO ₄) ₂	1	8M	6MD	-	16	0,3	2
	5	8F	4M	-	3	0,1	2
	10	8F	6M	-	3	0,1	1
ZnO	1	6M	6MD	-	3	3	4b
	5	6MD	6MD	-	16	3	3b
	10	6MD	6MD	-	16	0,1	2
CaSiO ₃	1	6MD	6MD	-	3	0,1	1
	5	8MD	4M	-	10	0,1	1
	10	8F	6MD	-	10	0,01	2
TiO ₂	10	8M	6D	-	10	0,01	2

Tabulka 37. Hodnoty korozní odolnosti u nátěrových filmů na bázi alkydové pryskyřice v závislosti na čase. Doba působení atmosféry s obsahem SO₂ 480 a 960 hodin DFT= 95 ± 5 μm

Pigment	OKP [%]	Hodnocení po 480 hod.				Hodnocení po 960 hod			
		Puchýře		Koroze		Puchýře		Koroze	
		Plocha [st.]	Řez [st.]	Plocha [%]	Řez [%]	Plocha [st.]	Řez [st.]	Plocha [%]	Řez [%]
C ₂₀ H ₁₂ N ₂ O ₄ Mg	10	8M	8M	-	-	2MD	2MD	-	3
C ₁₆ H ₂₉ N ₁ O ₄ Mg	10	8D	8D	-	1	6D	8D	-	3
C ₁₂ H ₂₁ N ₁ O ₄ Zn	10	8D	8D	-	0,3	4MD	6D	-	3
C ₁₆ H ₂₉ N ₁ O ₄ Zn	10	6M	6M	0,03	3	2M	4M	0,1	10
C ₂₀ H ₁₂ N ₂ O ₄ Zn	10	8M	8D	-	3	8MD	6D	-	10
MgO	10	-	8M	16	0,03	-	-	100	100
Zn ₃ (PO ₄) ₂	10	6M	8M	-	1	6M	6M	-	10
ZnO	10	8D	8D	0,1	0,1	8D	6M	0,1	0,3
CaSiO ₃	10	6D	6D	-	1	6D	6D	-	50
TiO ₂	10	6MD	6M	-	0,3	6MD	6M	-	1

Tabulka 38. Hodnoty korozní odolnosti u nátěrových filmů na bázi alkydové pryskyřice v závislosti na čase a hodnocení podkorodování po stažení nátěrového filmu. Doba působení atmosféry s obsahem SO₂ 1200 hodin DFT= 95 ± 5 μm

Pigment	OKP [%]	Hodnocení po 1200 hod.				Hodnocení koroze po stažení nátěrového filmu	
		Puchýře		Koroze		Plocha [%]	Řez [st.]
		Plocha [st.]	Řez [st.]	Plocha [%]	Řez [%]		
C ₂₀ H ₁₂ N ₂ O ₄ Mg	10	2MD	2MD	-	10	0,01	5
C ₁₆ H ₂₉ N ₁ O ₄ Mg	10	6D	6D	-	33	33	3a
C ₁₂ H ₂₁ N ₁ O ₄ Zn	10	2MD	4D	-	16	100	5
C ₁₆ H ₂₉ N ₁ O ₄ Zn	10	2MD	4D	0,1	33	50	5
C ₂₀ H ₁₂ N ₂ O ₄ Zn	10	6D	6D	-	50	16	4b
MgO	10	-	-	100	100	100	5
Zn ₃ (PO ₄) ₂	10	6M	6M	0,03	33	1	1
ZnO	10	8D	6M	0,3	1	50	4b
CaSiO ₃	10	6D	6D	16	100	10	1
TiO ₂	10	6MD	6M	0,03	3	100	5

Tabulka 39. Hodnoty korozní odolnosti u nátěrových filmů na bázi epoxidové pryskyřice v závislosti na čase. Doba působení atmosféry s obsahem SO₂ 480 a 960 hodin DFT= 95 ± 5 μm

Pigment	OKP [%]	Hodnocení po 480 hod.				Hodnocení po 960 hod			
		Puchýře		Koroze		Puchýře		Koroze	
		Plocha [st.]	Řez [st.]	Plocha [%]	Řez [%]	Plocha [st.]	Řez [st.]	Plocha [%]	Řez [%]
C ₂₀ H ₁₂ N ₂ O ₄ Mg	10	8M	6M	-	7	8M	6M	-	5
C ₁₆ H ₂₉ N ₁ O ₄ Mg	10	8D	8D	-	6	8D	2F	-	4
C ₁₂ H ₂₁ N ₁ O ₄ Zn	10	-	8M	5	2	8M	6MD	5	0
C ₁₆ H ₂₉ N ₁ O ₄ Zn	10	8F	8M	-	7	8F	4MD	-	4
C ₂₀ H ₁₂ N ₂ O ₄ Zn	10	8M	8F	-	6	8M	4M	-	4
MgO	10	-	6MD	-	4	-	2MD	-	2
Zn ₃ (PO ₄) ₂	10	8F	6F	-	7	8F	2M	-	2
ZnO	10	8F	6M	-	6	8F	2MD	-	3
CaSiO ₃	10	8M	6M	-	7	-	4MD	-	1
TiO ₂	10	8D	8D	-	6	8F	4M	-	0

Tabulka 40. Hodnoty korozní odolnosti u nátěrových filmů na bázi epoxidové pryskyřice v závislosti na čase a hodnocení podkorodování po stažení nátěrového filmu. Doba působení atmosféry s obsahem SO₂ 1200 hodin DFT= 95 ± 5 μm

Pigment	OKP [%]	Hodnocení po 1200 hod.				Hodnocení koroze po stažení nátěrového filmu	
		Puchýře		Koroze		Plocha [%]	Řez [st.]
		Plocha [st.]	Řez [st.]	Plocha [%]	Řez [%]		
C ₂₀ H ₁₂ N ₂ O ₄ Mg	10	8M	4D	-	50	3	3a
C ₁₆ H ₂₉ N ₁ O ₄ Mg	10	8D	4MD	-	100	3	4a
C ₁₂ H ₂₁ N ₁ O ₄ Zn	10	8M	6D	10	100	10	2
C ₁₆ H ₂₉ N ₁ O ₄ Zn	10	8F	4D	-	100	3	4a
C ₂₀ H ₁₂ N ₂ O ₄ Zn	10	8M	4MD	-	50	0,01	2
MgO	10	8F	2D	-	50	0,01	4a
Zn ₃ (PO ₄) ₂	10	8F	2MD	-	50	0,3	3b
ZnO	10	8F	2MD	-	33	0,01	3a
CaSiO ₃	10	-	4MD	-	100	0,01	3b
TiO ₂	10	8F	2M	-	100	3	4b

3.6.2. Hodnocení korozní odolnosti nátěrového filmu v atmosféře s povšechnou

kondenzací

V kapitole jsou uvedeny výsledky zrychlených korozních zkoušek v atmosféře s povšechnou kondenzací provedených na ocelových panelech s nátěrovým filmem. Na každém panelu byly hodnoceny puchýře a koroze v ploše. Po stažení nátěrového filmu byla hodnocena i míra podkorodování kovového podkladu. Hodnoty jsou zaznamenány v následujících tabulkách.

Tabulka 41. Hodnoty korozní odolnosti u nátěrových filmů na bázi epoxyesterové pryskyřice v závislosti na čase. Doba působení atmosféry s povšechnou kondenzací 480 a 960 hodin DFT= 95 ± 5 μm

Pigment	OKP [%]	Hodnocení po 480 hod.		Hodnocení po 960 hod	
		Puchýře [st.]	Koroze [%]	Puchýře [st.]	Koroze [%]
C ₂₀ H ₁₂ N ₂ O ₄ Mg	1	4M	-	4M	-
	5	6D	-	6D	-
	10	6D	-	6D	-
C ₁₆ H ₂₉ N ₁ O ₄ Mg	1	-	-	8M	-
	5	6MD	-	6D	-
	10	8MD	-	6M	-
C ₁₂ H ₂₁ N ₁ O ₄ Zn	1	-	-	6F	-
	5	-	-	8F	-
	10	8F	-	6F	-
C ₁₆ H ₂₉ N ₁ O ₄ Zn	1	-	-	8F	-
	5	-	-	8M	-
	10	-	-	8M	-
C ₂₀ H ₁₂ N ₂ O ₄ Zn	1	4MD	-	4MD	-
	5	4M	-	4MD	-
	10	6MD	-	6MD	-
MgO	1	8M	-	8MD	-
	5	8F	-	8MD	-
	10	8F	-	8MD	-
Zn ₃ (PO ₄) ₂	1	8M	-	8M	-
	5	-	-	8F	-
	10	-	-	8F	-
ZnO	1	8F	-	8MD	-
	5	8F	-	8M	-
	10	8MD	-	6MD	-
CaSiO ₃	1	-	-	8M	-
	5	-	-	8F	-
	10	8M	-	8MD	-
TiO ₂	10	8MD	-	8MD	-

Tabulka 42. Hodnoty korozní odolnosti u nátěrových filmů na bázi epoxyesterové pryskyřice v závislosti na čase a hodnocení podkorodování po stažení nátěrového filmu. Doba působení atmosféry s povšechnou kondenzací 1200 hodin DFT= 95 ± 5 μm

Pigment	OKP [%]	Hodnocení po 1200 hod.		Hodnocení koroze po stažení nátěrového filmu
		Puchýře [st.]	Koroze [%]	Koroze [%]
C ₂₀ H ₁₂ N ₂ O ₄ Mg	1	4M	-	0,01
	5	6D	-	0,01
	10	6D	-	0,01
C ₁₆ H ₂₉ N ₁ O ₄ Mg	1	8M	-	0,01
	5	6D	-	0,01
	10	6MD	-	0,01
C ₁₂ H ₂₁ N ₁ O ₄ Zn	1	6F	-	0,01
	5	6F	-	0,01
	10	6F	-	0,01
C ₁₆ H ₂₉ N ₁ O ₄ Zn	1	8F	-	0,01
	5	8M	-	0,01
	10	8M	-	0,01
C ₂₀ H ₁₂ N ₂ O ₄ Zn	1	4MD	-	3
	5	4MD	-	0,01
	10	4MD	-	0,01
MgO	1	6MD	-	0,01
	5	6MD	-	0,01
	10	6MD	-	0,1
Zn ₃ (PO ₄) ₂	1	8M	-	0,1
	5	8F	-	0,1
	10	8F	-	0,01
ZnO	1	8MD	-	10
	5	8M	-	16
	10	6MD	-	0,1
CaSiO ₃	1	8M	-	0,1
	5	8F	-	0,01
	10	8MD	-	0,01
TiO ₂	10	8MD	-	0,01

Tabulka 43. Hodnoty korozní odolnosti u nátěrových filmů na bázi alkydové pryskyřici v závislosti na čase. Doba působení atmosféry s povšechnou kondenzací 480 a 960 hodin DFT= 95 ± 5 μm

Pigment	OKP [%]	Hodnocení po 480 hod.		Hodnocení po 960 hod	
		Puchýře [st.]	Koroze [%]	Puchýře [st.]	Koroze [%]
C ₂₀ H ₁₂ N ₂ O ₄ Mg	10	4F	-	6D	-
C ₁₆ H ₂₉ N ₁ O ₄ Mg	10	8D	-	4MD	-
C ₁₂ H ₂₁ N ₁ O ₄ Zn	10	8F	-	8M	-
C ₁₆ H ₂₉ N ₁ O ₄ Zn	10	8MD	-	8MD	-
C ₂₀ H ₁₂ N ₂ O ₄ Zn	10	6F	-	6F	-
MgO	10	2MD	-	2MD	-
Zn ₃ (PO ₄) ₂	10	6MD	-	4MD	-
ZnO	10	8D	-	4D	-
CaSiO ₃	10	6D	-	4MD	-
TiO ₂	10	4M	-	6D	-

Tabulka 44. Hodnoty korozní odolnosti u nátěrových filmů na bázi alkydové pryskyřice v závislosti na čase a hodnocení podkorodování po stažení nátěrového filmu. Doba působení atmosféry s povšechnou kondenzací 1200 hodin DFT= 95 ± 5 μm

Pigment	OKP [%]	Hodnocení po 1200 hod.		Hodnocení koroze po stažení nátěrového filmu
		Puchýře [st.]	Koroze [%]	Koroze [%]
C ₂₀ H ₁₂ N ₂ O ₄ Mg	10	4F	-	0,01
C ₁₆ H ₂₉ N ₁ O ₄ Mg	10	8D	-	0,1
C ₁₂ H ₂₁ N ₁ O ₄ Zn	10	6M	-	0,3
C ₁₆ H ₂₉ N ₁ O ₄ Zn	10	8MD	-	1
C ₂₀ H ₁₂ N ₂ O ₄ Zn	10	8F	-	0,01
MgO	10	2MD	-	0,3
Zn ₃ (PO ₄) ₂	10	6MD	-	0,1
ZnO	10	8D	-	0,3
CaSiO ₃	10	6D	-	0,01
TiO ₂	10	4M	-	33

Tabulka 45. Hodnoty korozní odolnosti u nátěrových filmů na bázi epoxidové pryskyřice v závislosti na čase. Doba působení atmosféry s povšechnou kondenzací 480 a 960 hodin DFT= 95 ± 5 μm

Pigment	OKP [%]	Hodnocení po 480 hod.		Hodnocení po 960 hod	
		Puchýře [st.]	Koroze [%]	Puchýře [st.]	Koroze [%]
C ₂₀ H ₁₂ N ₂ O ₄ Mg	10	8MD	-	8MD	-
C ₁₆ H ₂₉ N ₁ O ₄ Mg	10	8MD	-	8MD	-
C ₁₂ H ₂₁ N ₁ O ₄ Zn	10	-	-	-	-
C ₁₆ H ₂₉ N ₁ O ₄ Zn	10	-	-	8F	-
C ₂₀ H ₁₂ N ₂ O ₄ Zn	10	-	-	-	-
MgO	10	-	-	-	-
Zn ₃ (PO ₄) ₂	10	-	-	-	-
ZnO	10	-	-	-	-
CaSiO ₃	10	-	-	-	-
TiO ₂	10	-	-	8F	-

Tabulka 46. Hodnoty korozní odolnosti u nátěrových filmů na bázi epoxidové pryskyřice v závislosti na čase a hodnocení podkorodování po stažení nátěrového filmu. Doba působení atmosféry s povšechnou kondenzací 1200 hodin DFT= 95 ± 5 μm

Pigment	OKP [%]	Hodnocení po 1200 hod.		Hodnocení koroze po stažení nátěrového filmu
		Puchýře [st.]	Koroze [%]	Koroze [%]
C ₂₀ H ₁₂ N ₂ O ₄ Mg	10	8MD	-	0,01
C ₁₆ H ₂₉ N ₁ O ₄ Mg	10	8MD	-	0,01
C ₁₂ H ₂₁ N ₁ O ₄ Zn	10	-	-	0,01
C ₁₆ H ₂₉ N ₁ O ₄ Zn	10	8F	-	0,01
C ₂₀ H ₁₂ N ₂ O ₄ Zn	10	8F	-	0,01
MgO	10	-	-	0,01
Zn ₃ (PO ₄) ₂	10	-	-	0,01
ZnO	10	-	-	0,01
CaSiO ₃	10	-	-	16
TiO ₂	10	8F	-	3

3.6.3. Hodnocení korozní odolnosti nátěrového filmu vlivem QUV/ solného elektrolytu/ teploty pod bodem mrazu

V kapitole jsou uvedeny výsledky zrychlených směsných korozních zkoušek provedených na ocelových panelech s nátěrovým filmem. Na každém panelu byly hodnoceny puchýře ploše a v řezu a též koroze v ploše a v řezu. Po stažení nátěrového filmu byla hodnocena i míra podkorodování kovového podkladu. Hodnoty jsou zaznamenány v následujících tabulkách.

Tabulka 47. Hodnoty korozní odolnosti u nátěrových filmů na bázi epoxyesterové pryskyřice v závislosti na čase. Doba působení směsných korozních zkoušek 360 a 720 hodin DFT= 95 ± 5 μm

Pigment	OKP [%]	Hodnocení po 360 hod.				Hodnocení po 720 hod			
		Puchýře		Koroze		Puchýře		Koroze	
		Plocha [st.]	Řez [st.]	Plocha [%]	Řez [%]	Plocha [st.]	Řez [st.]	Plocha [%]	Řez [%]
C ₂₀ H ₁₂ N ₂ O ₄ Mg	1	-	-	-	50	-	4M	-	50
	5	-	-	-	50	-	4MD	-	50
	10	-	-	-	10	-	4MD	-	16
C ₁₆ H ₂₉ N ₁ O ₄ Mg	1	-	-	-	33	4F	4MD	-	33
	5	-	-	-	33	-	4MD	-	100
	10	-	-	-	16	6M	6MD	-	50
C ₁₂ H ₂₁ N ₁ O ₄ Zn	1	-	-	-	16	-	6F	-	100
	5	-	-	-	16	-	4MD	-	50
	10	-	-	-	10	-	6MD	-	50
C ₁₆ H ₂₉ N ₁ O ₄ Zn	1	-	-	-	10	-	4MD	-	100
	5	-	-	-	3	-	4M	-	50
	10	-	4F	-	16	-	4D	-	50
C ₂₀ H ₁₂ N ₂ O ₄ Zn	1	-	-	-	50	-	4M	-	100
	5	-	-	-	16	-	4MD	-	50
	10	-	-	-	33	-	2F	-	100
MgO	1	-	-	-	0,03	8MD	2D	-	100
	5	-	-	-	3	8F	6M	-	33
	10	-	-	-	-	-	4M	-	100
Zn ₃ (PO ₄) ₂	1	-	-	-	3	6M	4MD	-	50
	5	-	-	-	0,3	8F	4M	-	33
	10	-	-	-	0,1	-	4M	-	50
ZnO	1	-	-	-	1	-	4M	-	50
	5	-	-	-	-	-	-	-	10
	10	-	-	-	-	-	6F	-	50
CaSiO ₃	1	-	-	-	10	-	4M	-	16
	5	-	-	-	33	-	4MD	-	100
	10	-	-	-	3	-	4MD	-	33
TiO ₂	10	-	-	-	3	-	6M	-	16

Tabulka 48. Hodnoty korozní odolnosti u nátěrových filmů na bázi epoxyesterové pryskyřice v závislosti na čase a hodnocení podkorodování po stažení nátěrového filmu. Doba působení směsných korozních zkoušek 1080 hodin DFT= 95 ± 5 μm

Pigment	OKP [%]	Hodnocení po 1080 hod.				Hodnocení koroze po stažení	
		Puchýře		Koroze		Plocha [%]	Řez [st.]
		Plocha [st.]	Řez [st.]	Plocha [%]	Řez [%]		
C ₂₀ H ₁₂ N ₂ O ₄ Mg	1	-	4M	-	50	0,1	4b
	5	-	4MD	-	50	3	2
	10	-	4MD	-	16	0,1	1
C ₁₆ H ₂₉ N ₁ O ₄ Mg	1	4F	4MD	-	33	0,01	5
	5	-	4MD	-	100	0,01	5
	10	6M	6MD	-	50	0,3	5
C ₁₂ H ₂₁ N ₁ O ₄ Zn	1	-	6F	-	100	3	2
	5	-	4MD	-	50	0,01	4b
	10	-	6MD	-	50	0,01	4b
C ₁₆ H ₂₉ N ₁ O ₄ Zn	1	-	4MD	-	100	0,01	5
	5	-	4M	-	50	0,01	5
	10	-	4D	-	50	3	5
C ₂₀ H ₁₂ N ₂ O ₄ Zn	1	-	4M	-	100	0,1	4
	5	-	4MD	-	50	0,1	1
	10	-	2F	-	100	0,01	1
MgO	1	8MD	2D	-	100	0,1	5
	5	8F	6M	-	33	3	1
	10	-	4M	-	100	10	3a
Zn ₃ (PO ₄) ₂	1	6M	4MD	-	50	0,01	4a
	5	8F	4M	-	33	0,01	3b
	10	-	4M	-	50	10	4a
ZnO	1	-	4M	-	50	0,01	3a
	5	-	-	-	10	0,01	2
	10	-	6F	-	50	0,01	1
CaSiO ₃	1	-	4M	-	16	0,01	3a
	5	-	4MD	-	100	0,01	4a
	10	-	4MD	-	33	10	5
TiO ₂	10	-	6M	-	16	0,01	3b

Tabulka 49. Hodnoty korozní odolnosti u nátěrových filmů na bázi alkydové pryskyřice v závislosti na čase. Doba působení směsných korozních zkoušek 360 a 720 hodin DFT= 95 ± 5 μm

Pigment	OKP [%]	Hodnocení po 360 hod.				Hodnocení po 720 hod			
		Puchýře		Koroze		Puchýře		Koroze	
		Plocha [st.]	Řez [st.]	Plocha [%]	Řez [%]	Plocha [st.]	Řez [st.]	Plocha [%]	Řez [%]
C ₂₀ H ₁₂ N ₂ O ₄ Mg	10	-	-	-	1	-	-	-	33
C ₁₆ H ₂₉ N ₁ O ₄ Mg	10	-	-	-	10	4D	4F	50	50
C ₁₂ H ₂₁ N ₁ O ₄ Zn	10	-	-	-	3	6M	2M	3	100
C ₁₆ H ₂₉ N ₁ O ₄ Zn	10	-	-	-	3	-	-	-	33
C ₂₀ H ₁₂ N ₂ O ₄ Zn	10	-	-	-	3	-	-	-	50
MgO	10	-	-	33	100	-	-	100	100
Zn ₃ (PO ₄) ₂	10	-	-	-	1	-	6M	-	50
ZnO	10	-	6M	-	0,1	-	-	-	100
CaSiO ₃	10	4M	-	50	16	-	-	100	100
TiO ₂	10	-	6F	-	1	2M	2M	-	100

Tabulka 50. Hodnocení podkorodování po stažení nátěrového filmu u nátěrových filmů na bázi alkydové pryskyřice. Doba působení atmosféry s povšechnou kondenzací 1200 hodin DFT= 95 ± 5 μm

Pigment	OKP [%]	Hodnocení koroze po stažení nátěrového filmu	
		Plocha [%]	Řez [st.]
C ₂₀ H ₁₂ N ₂ O ₄ Mg	10	0,3	1
C ₁₆ H ₂₉ N ₁ O ₄ Mg	10	10	5
C ₁₂ H ₂₁ N ₁ O ₄ Zn	10	0,01	5
C ₁₆ H ₂₉ N ₁ O ₄ Zn	10	0,1	4a
C ₂₀ H ₁₂ N ₂ O ₄ Zn	10	0,1	3b
MgO	10	50	5
Zn ₃ (PO ₄) ₂	10	0,01	2
ZnO	10	50	5
CaSiO ₃	10	100	5
TiO ₂	10	33	5

Tabulka 51. Hodnoty korozní odolnosti u nátěrových filmů na bázi epoxidové pryskyřice v závislosti na čase. Doba působení směsných korozních zkoušek 360 a 720 hodin DFT= 95 ± 5 μm

Pigment	OKP [%]	Hodnocení po 360 hod.				Hodnocení po 720 hod			
		Puchýře		Koroze		Puchýře		Koroze	
		Plocha [st.]	Řez [st.]	Plocha [%]	Řez [%]	Plocha [st.]	Řez [st.]	Plocha [%]	Řez [%]
C ₂₀ H ₁₂ N ₂ O ₄ Mg	10	-	6F	1	16	-	2M	3	50
C ₁₆ H ₂₉ N ₁ O ₄ Mg	10	-	6F	-	3	-	2M	33	100
C ₁₂ H ₂₁ N ₁ O ₄ Zn	10	-	8F	0,1	1	4M	6M	16	100
C ₁₆ H ₂₉ N ₁ O ₄ Zn	10	-	-	-	3	6M	4M	3	16
C ₂₀ H ₁₂ N ₂ O ₄ Zn	10	-	6F	-	3	-	4M	-	50
MgO	10	-	-	-	0,3	-	6F	-	16
Zn ₃ (PO ₄) ₂	10	-	-	-	16	6F	2F	-	50
ZnO	10	-	-	1	1	-	6F	-	16
CaSiO ₃	10	-	6F	1	1	6F	4M	3	50
TiO ₂	10	-	8F	10	10	-	2F	1	100

Tabulka 52. Hodnocení podkorodování po stažení nátěrového filmu u nátěrových filmů na bázi epoxidové pryskyřice. Doba působení atmosféry s povšechnou kondenzací 1200 hodin DFT= 95 ± 5 μm

Pigment	OKP [%]	Hodnocení koroze po stažení nátěrového filmu	
		Plocha [%]	Řez [st.]
C ₂₀ H ₁₂ N ₂ O ₄ Mg	10	0,3	1
C ₁₆ H ₂₉ N ₁ O ₄ Mg	10	10	5
C ₁₂ H ₂₁ N ₁ O ₄ Zn	10	0,01	5
C ₁₆ H ₂₉ N ₁ O ₄ Zn	10	0,1	4a
C ₂₀ H ₁₂ N ₂ O ₄ Zn	10	0,1	3b
MgO	10	50	5
Zn ₃ (PO ₄) ₂	10	0,01	2
ZnO	10	50	5
CaSiO ₃	10	100	5
TiO ₂	10	33	5

3.7. Hodnocení nepřímých korozních zkoušek

3.7.1. Hodnocení elektrochemické lineární polarizace

V kapitole jsou uvedeny výsledky měření elektrochemické lineární polarizace, měřené v 1M roztoku NaCl. V následujících tabulkách jsou uvedeny hodnoty korozních potenciálů E_{kor} , korozní proudové hustoty I_{kor} , tafelových směrnic β_a a β_c , polarizačního odporu R_p a korozní rychlosti C_R .

Tabulka 53. Hodnoty z měření lineární polarizace u organických povlaků pigmentovaných organickými pigmenty. DFT = $45 \pm 5\mu\text{m}$

Systém	Pigment	OKP [%]	Elektrochemická lineární polarizace					
			E_{kor} [mV]	I_{kor} [μA]	β_a [mV]	β_c [mV]	R_p [Ω]	C_R [mm/rok]
Epoxyesterová pryskyřice	$\text{C}_{20}\text{H}_{12}\text{N}_2\text{O}_4\text{Mg}$	1	-311	$5,50 \times 10^{-6}$	21,8	22,3	$8,31 \times 10^9$	$4,64 \times 10^{-8}$
	$\text{C}_{12}\text{H}_{21}\text{N}_1\text{O}_4\text{Zn}$	1	-315	$6,66 \times 10^{-6}$	20,9	21,2	$1,03 \times 10^9$	$6,96 \times 10^{-8}$
Alkydová pryskyřice	$\text{C}_{20}\text{H}_{12}\text{N}_2\text{O}_4\text{Mg}$	10	-289	$3,11 \times 10^{-5}$	21,3	22,8	$7,78 \times 10^7$	$2,20 \times 10^{-7}$
	$\text{C}_{20}\text{H}_{12}\text{N}_2\text{O}_4\text{Zn}$	10	-294	$1,25 \times 10^{-4}$	22,8	23,4	$3,27 \times 10^7$	$8,70 \times 10^{-7}$
Epoxidová pryskyřice	$\text{C}_{20}\text{H}_{12}\text{N}_2\text{O}_4\text{Mg}$	10	-268	$0,43 \times 10^{-6}$	20,1	18,6	$6,03 \times 10^9$	$4,10 \times 10^{-9}$
	$\text{C}_{20}\text{H}_{12}\text{N}_2\text{O}_4\text{Zn}$	10	-257	$0,65 \times 10^{-6}$	20,2	16,9	$6,15 \times 10^9$	$5,78 \times 10^{-9}$

3.7.2. Hodnocení odolnosti nátěrového filmu vůči působení vodného roztoku elektrolytu v závislosti na pH

V kapitole jsou uvedeny výsledky odolnosti nátěrového filmu vůči působení pufrů o pH 2, 4, 6, 8, 10 a 12 v závislosti na čase. Každý pátý den se hodnotila koroze v ploše a puchýře v ploše nátěru. Hodnocení bylo ukončeno po 6 týdnech. Po ukončení měření byly odstraněny nátěry a bylo ohodnoceno podkorodování.

Tabulka 54. Hodnocení korozní odolnosti u nátěrových filmů na bázi epoxyesterové pryskyřice po 720 hodinách působení pufrů o pH 2, 4, 6, 8, 10, 12. DFT= 35 ± 5μm

Pigment	OKP [%]	Puchýře v ploše po 720 hod [st]						Koroze v ploše po 720 hod [%]					
		2	4	6	8	10	12	2	4	6	8	10	12
C ₂₀ H ₁₂ N ₂ O ₄ Mg	1	8F	8F	8F	8F	8F	8F	0,03	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
	5	8F	8F	8F	8M	8M	8M	0,3	0,3	0,3	0,03	0,03	0,03
	10	8F	8F	8M	8M	8M	8M	0,03	0,1	1	1	1	1
C ₁₆ H ₂₉ N ₁ O ₄ Mg	1	8F	8F	8F	8F	8F	8F	0,03	1	0,03	0,1	0,1	0,3
	5	8F	8F	8F	8F	8F	8F	0,03	1	0,1	0,1	0,1	0,3
	10	8M	8M	8M	8M	8M	8M	0,03	0,1	0,1	0,1	0,1	0,3
C ₁₂ H ₂₁ N ₁ O ₄ Zn	1	8F	8F	8F	8F	8F	8F	33	3	3	3	1	0,3
	5	8F	8F	8F	8F	8F	8F	0,03	0,1	0,3	0,1	0,1	0,03
	10	8F	8F	8F	8F	8F	8F	0,3	0,1	0,03	0,03	0,03	0,03
C ₁₆ H ₂₉ N ₁ O ₄ Zn	1	8F	8F	8F	8F	8F	8F	0,03	0,03	0,03	0,03	0,1	0,1
	5	8F	8F	8F	8F	8F	8F	0,1	0,03	0,03	0,03	0,1	0,1
	10	8F	8F	8M	8M	8M	8M	0,03	0,1	0,1	0,3	1	0,3
C ₂₀ H ₁₂ N ₂ O ₄ Zn	1	8F	8M	8M	8M	8M	8M	0,03	0,1	0,1	0,3	1	0,3
	5	8F	8M	8M	8M	8M	8M	0,1	0,1	0,03	0,03	0,03	0,03
	10	8F	8F	8F	8F	8F	8F	0,3	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
MgO	1	8M	8M	8M	8M	8M	8M	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
	5	8F	8F	8F	8F	8F	8F	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
	10	8F	8F	8F	8F	8F	8F	0,3	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
Zn ₃ (PO ₄) ₂	1	8F	8F	8F	8F	8F	8F	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
	5	8F	8F	8F	8F	8F	8F	0,1	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
	10	8F	8F	8F	8F	8F	8F	0,1	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
ZnO	1	8F	8F	8F	8F	8F	8F	0,03	0,1	0,03	0,03	0,1	0,03
	5	8F	8F	8F	8F	8F	8F	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
	10	6F	6F	6F	8F	8F	8F	0,1	0,1	0,03	0,03	0,03	0,03
CaSiO ₃	1	8F	8F	8F	8F	8F	8F	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
	5	8F	8F	8F	8F	8F	8F	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
	10	8F	8F	8F	8F	8F	8F	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
TiO ₂	10	8F	8F	8F	8F	8F	8F	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03

Tabulka 55. Hodnocení koroze panelu po odstranění nátěrů na bázi epoxysterové pryskyřice po 720 hodinách působení pufrů o pH 2, 4, 6, 8, 10, 12

Pigment	OKP [%]	Koroze v ploše po 720 hod po odstranění nátěru [%]					
		2	4	6	8	10	12
C ₂₀ H ₁₂ N ₂ O ₄ Mg	1	0,03	0,1	0,03	0,03	0,1	0,03
	5	0,1	0,3	0,03	0,1	0,03	0,03
	10	1	1	0,03	0,03	0,1	0,3
C ₁₆ H ₂₉ N ₁ O ₄ Mg	1	0,1	0,1	0,03	0,1	0,1	0,1
	5	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
	10	0,03	0,3	0,03	0,1	0,1	0,1
C ₁₂ H ₂₁ N ₁ O ₄ Zn	1	0,1	0,1	0,03	0,1	0,1	0,1
	5	0,1	0,1	0,03	0,1	0,1	0,1
	10	1	0,3	0,1	1	1	0,3
C ₁₆ H ₂₉ N ₁ O ₄ Zn	1	0,1	0,3	0,03	0,03	0,1	0,1
	5	0,1	0,3	0,3	0,1	0,1	0,1
	10	0,1	0,3	0,3	1	1	0,3
C ₂₀ H ₁₂ N ₂ O ₄ Zn	1	1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
	5	0,3	0,1	0,03	0,1	0,1	0,03
	10	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
MgO	1	0,03	0,1	0,03	0,03	0,1	0,1
	5	0,1	0,1	0,03	0,03	0,1	0,1
	10	0,3	0,1	0,1	0,03	0,03	0,1
Zn ₃ (PO ₄) ₂	1	0,03	0,1	0,03	0,03	80,1	0,1
	5	0,1	0,1	0,03	0,1	0,1	0,1
	10	0,3	0,1	0,1	0,03	0,1	0,03
ZnO	1	0,1	0,1	0,03	0,03	0,1	0,1
	5	0,3	0,1	0,03	0,03	0,03	0,1
	10	0,1	0,1	0,03	0,03	0,03	0,1
CaSiO ₃	1	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,1
	5	0,1	0,1	0,03	0,03	0,03	0,03
	10	0,1	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
TiO ₂	10	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03

Tabulka 56. Hodnocení korozní odolnosti u nátěrových filmů na bázi alkydové pryskyřice po 720 hodinách působení pufrů o pH 2, 4, 6, 8, 10, 12. DFT= 35 ± 5μm

Pigment	OKP [%]	Puchýře v ploše po 720 hod [st]						Koroze v ploše po 720 hod [%]					
		2	4	6	8	10	12	2	4	6	8	10	12
C ₂₀ H ₁₂ N ₂ O ₄ Mg	10	*	2D	2M	8M	8M	8M	-	3	1	0,3	1	0,1
C ₁₆ H ₂₉ N ₁ O ₄ Mg	10	8M	8M	8M	8M	8M	8M	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	33
C ₁₂ H ₂₁ N ₁ O ₄ Zn	10	8F	8MD	8F	8F	8F	2D	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	16
C ₁₆ H ₂₉ N ₁ O ₄ Zn	10	8MD	8MD	8MD	8MD	8MD	6D	0,03	0,03	0,03	0,03	0,3	33
C ₂₀ H ₁₂ N ₂ O ₄ Zn	10	8MD	8MD	8M	8M	8MD	8MD	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
MgO	10	-	-	-	4D	6D	6D	100	100	50	0,3	10	10
Zn ₃ (PO ₄) ₂	10	4M	4M	8F	8F	-	-	0,03	0,03	0,03	0,03	100	100
ZnO	10	8D	8D	8D	*	-	-	0,03	0,03	0,03	1	100	100
CaSiO ₃	10	4D	4D	8D	8D	-	-	0,03	0,03	0,03	0,03	100	100
TiO ₂	10	8D	8D	8D	*	-	-	0,03	0,03	0,03	16	50	50

*Ztráta přilnavosti nátěrového filmu v hodnocené ploše

Tabulka 57. Hodnocení koroze panelu po odstranění nátěrů na bázi alkydové pryskyřice po 720 hodinách působení pufrů o pH 2, 4, 6, 8, 10, 12

Pigment	OKP [%]	Koroze v ploše po 720 hod po odstranění nátěru					
		[%]					
		2	4	6	8	10	12
C ₂₀ H ₁₂ N ₂ O ₄ Mg	10	50	50	33	0,3	1	0,3
C ₁₆ H ₂₉ N ₁ O ₄ Mg	10	33	16	0,1	0,1	0,1	0,1
C ₁₂ H ₂₁ N ₁ O ₄ Zn	10	10	3	0,1	0,1	0,1	0,1
C ₁₆ H ₂₉ N ₁ O ₄ Zn	10	16	10	3	0,1	3	1
C ₂₀ H ₁₂ N ₂ O ₄ Zn	10	100	100	0,1	0,1	0,1	1
MgO	10	100	100	100	0,3	0,3	0,3
Zn ₃ (PO ₄) ₂	10	33	100	3	0,3	1	0,3
ZnO	10	10	3	3	1	1	3
CaSiO ₃	10	0,1	100	0,1	0,1	1	0,3
TiO ₂	10	10	16	3	3	1	0,1

Tabulka 58. Hodnocení korozní odolnosti u nátěrových filmů na bázi epoxidové pryskyřice po 720 hodinách působení pufrů o pH 2, 4, 6, 8, 10, 12. DFT= 35 ± 5μm

Pigment	OKP [%]	Puchýře v ploše po 720 hod						Koroze v ploše po 720 hod					
		[st]						[%]					
		2	4	6	8	10	12	2	4	6	8	10	12
C ₂₀ H ₁₂ N ₂ O ₄ Mg	10	8F	8F	8F	8F	8F	8F	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
C ₁₆ H ₂₉ N ₁ O ₄ Mg	10	8F	8F	8F	8F	8F	8F	0,1	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
C ₁₂ H ₂₁ N ₁ O ₄ Zn	10	8F	8D	8F	8F	8F	8F	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
C ₁₆ H ₂₉ N ₁ O ₄ Zn	10	M8	8D	M8	M8	8F	8D	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
C ₂₀ H ₁₂ N ₂ O ₄ Zn	10	8F	8F	8F	8F	8F	8F	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
MgO	10	8F	6MD	8F	8F	8F	8F	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
Zn ₃ (PO ₄) ₂	10	8F	8F	8F	8F	8F	8F	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
ZnO	10	8F	8F	8F	8F	8F	8F	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
CaSiO ₃	10	8F	8F	8F	8F	8F	8F	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
TiO ₂	10	8F	8F	8F	8F	8F	8F	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03

Tabulka 59. Hodnocení koroze panelu po odstranění nátěrů na bázi epoxidové pryskyřice po 720 hodinách působení pufrů o pH 2, 4, 6, 8, 10, 12

Pigment	OKP [%]	Koroze v ploše [st] po 720 hod po odstranění nátěru					
		2	4	6	8	10	12
C ₂₀ H ₁₂ N ₂ O ₄ Mg	10	0,3	0,1	0,1	0,1	0,03	0,03
C ₁₆ H ₂₉ N ₁ O ₄ Mg	10	3	1	0,1	0,03	0,03	0,3
C ₁₂ H ₂₁ N ₁ O ₄ Zn	10	3	16	0,1	0,1	0,1	0,1
C ₁₆ H ₂₉ N ₁ O ₄ Zn	10	3	33	3	0,3	0,3	0,1
C ₂₀ H ₁₂ N ₂ O ₄ Zn	10	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
MgO	10	0,3	1	0,1	0,1	0,1	0,03
Zn ₃ (PO ₄) ₂	10	0,3	0,3	0,1	0,03	0,1	0,03
ZnO	10	0,1	0,3	0,03	0,03	0,1	0,03
CaSiO ₃	10	0,1	0,03	0,1	0,03	0,03	0,03
TiO ₂	10	1	0,1	0,03	0,03	0,1	0,1

3.7.3. Vyhodnocení pH, měrné elektrické vodivosti a hmotnostních korozních úbytků z nátěrových filmů

V následující tabulce jsou uvedeny hodnoty pH, měrné elektrické vodivosti desetiprocentních výluhů z filmů organických a anorganických pigmentů a stanovení hmotnostních korozních úbytků. Měření pH a vodivosti probíhalo po dobu 4 týdnů. Následně byly výluhy použity k měření hmotnostních korozních úbytků.

Tabulka 60. Stanovení pH, měrné elektrické vodivosti a hmotnostních korozních úbytků látek v roztocích filmů na bázi epoxyesterové pryskyřice.

Pigment	OKP [%]	pH (před)	pH (po)	δ (před) [$\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$]	δ (po) [$\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$]	Δm [g]	K_m [$\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$]	X_H [%]
$\text{C}_{20}\text{H}_{12}\text{N}_2\text{O}_4\text{Mg}$	1	7,72	8,00	32,6	55,6	0,006	3,158	93,4
	5	7,74	7,93	37,5	63,1	0,007	4,090	120,9
	10	8,29	8,20	98,2	146,0	0,005	2,497	73,8
$\text{C}_{16}\text{H}_{29}\text{N}_1\text{O}_4\text{Mg}$	1	5,06	5,76	9,5	20,7	0,003	1,787	52,9
	5	7,74	7,57	52	113,6	0,007	3,971	117,4
	10	7,10	7,39	30,5	60,0	0,003	1,395	41,2
$\text{C}_{12}\text{H}_{21}\text{N}_1\text{O}_4\text{Zn}$	1	6,11	6,85	3,7	13,0	0,005	2,675	79,1
	5	6,19	6,74	7,9	18,2	0,005	2,780	82,2
	10	6,48	6,75	6,4	16,9	0,006	3,458	102,3
$\text{C}_{16}\text{H}_{29}\text{N}_1\text{O}_4\text{Zn}$	1	4,92	5,14	8,5	19,2	0,004	2,236	66,1
	5	5,72	6,23	7,1	15,3	0,005	2,821	83,4
	10	6,6	7,66	10,8	21,8	0,003	1,618	47,8
$\text{C}_{20}\text{H}_{12}\text{N}_2\text{O}_4\text{Zn}$	1	6,99	7,20	11,9	30,1	0,005	2,904	85,9
	5	7,16	7,70	16,4	32,2	0,003	1,772	52,4
	10	7,79	8,07	50,9	108,5	0,004	2,517	74,4
MgO	1	7,07	7,91	19,4	48,5	0,008	4,331	128,1
	5	8,44	8,86	39,3	78,3	0,007	4,009	118,5
	10	10,95	10,11	202	432,4	0,003	1,953	57,7
$\text{Zn}_3(\text{PO}_4)_2$	1	4,65	4,49	17	31,3	0,005	2,944	87,1
	5	4,72	4,41	25,7	39,4	0,003	1,441	42,6
	10	4,27	5,82	70,3	87,8	0,002	1,281	37,9
ZnO	1	5,62	6,71	9,7	19,1	0,008	4,640	137,2
	5	6,90	7,57	30,3	42,0	0,002	1,111	32,9
	10	6,84	7,12	20,1	36,5	0,003	1,662	49,1
CaSiO ₃	1	5,55	6,52	22,6	58,7	0,003	1,553	45,9
	5	6,02	8,00	26,7	63,1	0,003	1,843	54,5
	10	7,32	7,93	78,4	139,4	0,008	4,195	124,0
TiO ₂	10	6,97	6,30	12,1	58,7	0,003	1,681	49,7

pH- odchylka měření $\pm 0,01$, měrná elektrická vodivost- odchylka měření $\pm 0,5$ %

Tabulka 61. Stanovení pH, měrné elektrické vodivosti a hmotnostních korozních úbytků látek v roztocích filmů na bázi alkydové pryskyřice.

Pigment	OKP [%]	pH (před)	pH (po)	δ (před) [$\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$]	δ (po) [$\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$]	Δm [g]	K_m [$\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$]	X_H [%]
$\text{C}_{20}\text{H}_{12}\text{N}_2\text{O}_4\text{Mg}$	10	7,09	7,80	68,5	207,4	0,003	1,562	46,2
$\text{C}_{16}\text{H}_{29}\text{N}_1\text{O}_4\text{Mg}$	10	4,37	5,73	288,0	435,5	0,003	1,951	57,7
$\text{C}_{12}\text{H}_{21}\text{N}_1\text{O}_4\text{Zn}$	10	4,08	5,53	176,0	329,3	0,003	1,779	52,6
$\text{C}_{16}\text{H}_{29}\text{N}_1\text{O}_4\text{Zn}$	10	4,50	5,03	87,8	151,2	0,003	1,841	54,4
$\text{C}_{20}\text{H}_{12}\text{N}_2\text{O}_4\text{Zn}$	10	5,88	6,80	74,1	224,4	0,003	1,900	56,2
MgO	10	10,78	10,33	1338	2125,6	0,003	1,881	55,6
$\text{Zn}_3(\text{PO}_4)_2$	10	6,48	6,83	271,0	573,3	0,003	1,562	46,2
ZnO	10	3,78	3,68	146,6	167,1	0,006	3,575	105,7
CaSiO_3	10	6,25	7,59	68,5	207,4	0,003	1,716	50,7
TiO_2	10	3,18	3,54	288,0	435,8	0,005	3,020	89,3

pH- odchylka měření $\pm 0,01$, měrná elektrická vodivost- odchylka měření $\pm 0,5$ %

Tabulka 62. Stanovení pH, měrné elektrické vodivosti a hmotnostních korozních úbytků látek v roztocích filmů na bázi epoxidové pryskyřice.

Pigment	OKP [%]	pH (před)	pH (po)	δ (před) [$\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$]	δ (po) [$\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$]	Δm [g]	K_m [$\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$]	X_H [%]
$\text{C}_{20}\text{H}_{12}\text{N}_2\text{O}_4\text{Mg}$	10	7,79	8,42	28,8	107,7	0,011	5,886	174,0
$\text{C}_{16}\text{H}_{29}\text{N}_1\text{O}_4\text{Mg}$	10	7,91	8,41	41,8	95,6	0,003	1,949	57,6
$\text{C}_{12}\text{H}_{21}\text{N}_1\text{O}_4\text{Zn}$	10	7,73	8,25	31,5	79,7	0,005	2,957	87,4
$\text{C}_{16}\text{H}_{29}\text{N}_1\text{O}_4\text{Zn}$	10	6,95	7,66	10,3	27,6	0,005	2,555	75,6
$\text{C}_{20}\text{H}_{12}\text{N}_2\text{O}_4\text{Zn}$	10	7,05	7,72	20,3	64,2	0,006	3,326	98,3
MgO	10	11,05	10,58	122,8	189,3	0,018	6,001	177,4
$\text{Zn}_3(\text{PO}_4)_2$	10	7,58	7,37	19	35,9	0,008	4,472	132,2
ZnO	10	6,89	7,29	11,8	23,4	0,006	3,223	95,3
CaSiO_3	10	7,51	7,28	22,5	73,1	0,006	3,334	98,6
TiO_2	10	6,52	5,38	6,9	10,1	0,004	2,000	59,1

pH- odchylka měření $\pm 0,01$, měrná elektrická vodivost- odchylka měření $\pm 0,5$ %

4. Diskuse k výsledkům

4.1. Diskuse k vlastnostem organických a anorganických antikoročních pigmentů

4.1.1. Diskuse k charakterizaci organických pigmentů

U všech testovaných pigmentů byla nejprve provedena charakterizace, jednalo se o stanovení hustoty a olejového čísla. Z těchto získaných parametrů byla následně spočítána hodnota KOKP (kritická objemová koncentrace pigmentu), která je klíčová pro formulaci nátěrových hmot.

Hodnoty olejových čísel hořečnatých organických pigmentů se pohybovaly v rozmezí 11,80 - 37,98 g/100 g pigmentu, u zinečnatých organických pigmentů se pohybovaly v rozmezí 19,83 - 39,97 g/100 g pigmentu. Hustoty hořečnatých anorganických pigmentů se pohybovaly v rozmezí 1,06 – 1,40 g/cm³, hustoty zinečnatých anorganických pigmentů se pohybovaly v rozmezí 1,18 – 1,53 g/cm³. Ze získaných hodnot byla vypočítána hodnota KOKP. U hořečnatých pigmentů se hodnota pohybovala v rozmezí 63,7 – 88,1, u zinečnatých pigmentů v rozmezí 60,3 – 77,4. Uvedené hodnoty jsou zaznamenány v kapitolách 2.2.1 a 2.2.2.

U pojivových složek byla stanovena sušina, kdy u epoxyesterové pryskyřice tento parametr dosáhl hodnoty 60 %, u alkydové pryskyřice tento parametr dosáhl hodnoty 85 % a u epoxidové pryskyřice tento parametr dosáhl hodnoty 55 %.

Byla provedena elementární analýza organických pigmentů získané pomocí rastrovacího elektronového mikroskopu s energeticky disperzní rentgenová spektroskopií (SEM/EDX). Výsledky měření jsou uvedeny v tabulce 10. Pigment C₁₆H₂₉N₁O₄Mg obsahoval nejvíce hořčíku ze zkoumaných pigmentů (2,4 %), největší obsah zinku byl nalezen u pigmentu C₁₂H₂₁N₁O₄Zn (6,576 %). Získané hodnoty jsou uvedeny v tabulce 10.

Záznamy z rentgenové krystalografie ukazují na vysokou čistotu připravených organických pigmentů. Difraktoqramy jsou uvedeny na obrázcích v příloze.

Snímky získané pomocí rastrovací elektronové mikroskopie ukazují, že pigmenty C₂₀H₁₂N₂O₄Mg, C₁₂H₂₁N₁O₄Zn a C₂₀H₁₂N₂O₄Zn mají polyhedrický tvar s širokým rozpětím velikostí částic, nejmenší částice dosahovaly velikosti menší než 1 μm, největší částice více než 3 μm. Pigmenty C₁₆H₂₉N₁O₄Mg a C₁₆H₂₉N₁O₄Zn se vyznačovaly tvarem částic připomínající šupiny, které se shlukovaly do větších celků. Záznamy měření jsou zachyceny na obrázku 22. Snímky získané pomocí rastrovací elektronová spektroskopie ukazují že pigmenty MgO a ZnO mají polyhedrický tvar, částice pigmentu MgO byly větší než 1 μm, částice ZnO byly menší než 1 μm, částice Zn₃(PO₄)₂ byly největší, dosahovaly velikosti více než 5 μm, částice CaSiO₃ byly jehlovitého tvaru o velikosti přibližně 1 μm, částice TiO₂ byly kulovitěho tvaru o velikosti částic menší než 1 μm. Záznamy měření jsou zachyceny na obrázku 23.

4.1.2. Diskuse k vyhodnocení pH, měrné elektrické vodivosti, hmotnostních korozních úbytků z vodných suspenzí pigmentů a stanovení vodou rozpustných látek

Byly připraveny desetiprocentní výluhy z pigmentů, u nichž bylo měřeno pH, měrná elektrická vodivost, hmotnostní korozní úbytky a navíc bylo provedeno stanovení obsahu vodou rozpustných látek. Naměřené hodnoty jsou uvedeny v tabulce 11. Hodnota pH redestilované vody použité pro přípravu výluhů byla 6,34 a hodnota měrné elektrické vodivosti této redestilované vody byla $3,1 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$.

Stanovení pH vodných výluhů je parametr sloužící k technologické kontrole vymytí pigmentu v procesu výroby, neboť nedostatečné vymytí by mohlo ovlivnit kvalitu nátěru. Hodnoty pH a měrné elektrické vodivosti vodných suspenzí byly pravidelně měřeny každý sedmý den po dobu devětatdvaceti dní. Hodnoty pH u vodných suspenzí organických pigmentů se při posledním měření pohybovaly v rozmezí 6,81 - 8,84. Nejvíce kyselý vodný výluh byl zaznamenán u suspenze s obsahem pigmentu $\text{C}_{16}\text{H}_{29}\text{N}_1\text{O}_4\text{Zn}$, zatím co nejvíce zásaditý vodný výluh byl zaznamenán u suspenze s obsahem pigmentu $\text{C}_{16}\text{H}_{29}\text{N}_1\text{O}_4\text{Mg}$. Z anorganických pigmentů, sloužících jako standardy byl nejkyselější vodný výluh u suspenze s obsahem pigmentu TiO_2 (pH= 6,97), zatím co nejvíce zásaditý byl vodný výluh suspenze s pigmentem MgO (pH= 8,54).

Při měření měrné elektrické vodivosti vodných suspenzí organických pigmentů vykázaly největší vodivost vodné výluhy obsahující dodecylové pigmenty, které při posledním měření vykázaly téměř totožné hodnoty, vodivost vodného výluhu s obsahem pigmentu $\text{C}_{16}\text{H}_{29}\text{N}_1\text{O}_4\text{Mg}$ byla $1348 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ a vodivost vodného výluhu s obsahem pigmentu $\text{C}_{16}\text{H}_{29}\text{N}_1\text{O}_4\text{Zn}$ byla $1335 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$. Nejnížší vodivost prokázal vodný výluh s obsahem pigmentu $\text{C}_{20}\text{H}_{12}\text{N}_2\text{O}_4\text{Zn}$, jeho vodivost vodné suspenze byla $304 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$. Z anorganických pigmentů vykázal největší vodivost vodný výluh s obsahem pigmentu MgO , bylo to $766 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$, nejnižší vodivost vykázal vodný výluh s obsahem pigmentu ZnO , bylo to $44,8 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$.

Při měření korozních úbytků ve vodných výluzech organických pigmentů vykázal nejvyšší míru ochrany filtrát vodného výluhu s obsahem pigmentu $\text{C}_{20}\text{H}_{12}\text{N}_2\text{O}_4\text{Mg}$, hodnota korozního úbytku byla $0,2224 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$, což je při porovnání s korozními úbytky v destilované vodě 6,6 %. Nejnížší míru ochrany proti korozi vykázal filtrát vodného výluhu s obsahem pigmentu $\text{C}_{20}\text{H}_{12}\text{N}_2\text{O}_4\text{Zn}$, hodnota korozního úbytku byla $1,6655 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$, což je 49,2 % oproti destilované vodě. Z vodných suspenzí anorganických pigmentů prokázal nejnižší korozní úbytek filtrát vodného výluhu s obsahem pigmentu CaSiO_3 , jeho hodnota byla $0,8926 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$, což je 26,4 % oproti koroznímu úbytku dosaženého v destilované vodě. Nejnížší míru ochrany předvedl filtrát vodného výluhu s obsahem pigmentu MgO , kdy korozní úbytek byl $4,0017 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$, což je 118,3 % oproti koroznímu úbytku dosaženého v destilované vodě.

Při stanovení vodou rozpustných látek organických pigmentů za horka byl stanoven nejvyšší obsah vodorozpustných látek u pigmentu $\text{C}_{20}\text{H}_{12}\text{N}_2\text{O}_4\text{Mg}$, kdy obsah vodou rozpustných látek byl 3,895 %. Nejnížší obsah vodorozpustných látek byl stanoven u pigmentu $\text{C}_{12}\text{H}_{21}\text{N}_1\text{O}_4\text{Zn}$, kdy obsah vodou rozpustných látek byl 0,33 %. U anorganických pigmentů byl nejvyšší obsah vodorozpustných látek stanoven u MgO , bylo to 0,312 %, nejnižší obsah vodorozpustných látek byl stanoven u pigmentu $\text{Zn}_3(\text{PO}_4)_2$, kdy tento parametr dosáhl hodnoty 0,064 %.

Závěry z výsledků hodnocení hodnoty pH, měrné elektrické vodivosti, hmotnostních úbytků a vodou rozpustných látek

- Výsledná hodnota pH vodných výluhů hořečnatých pigmentů byla mírně zásaditá, zatím co výsledná hodnota pH vodných výluhů zinečnatých pigmentů se pohybovala v okolí neutrálních hodnot.
- Hodnota měrné elektrické vodivosti s časem rostla, největší měrnou vodivost vykázaly vodné výluhy pigmentů obsahující ve své molekule betanaftol.
- Hodnoty vodivosti všech vodných suspenzí organických pigmentů byly vyšší než u vodných suspenzí anorganických pigmentů.
- Hodnoty korozních úbytků organických pigmentů ve filtrátech vodných výluhů byly nižší než téměř všechny úbytky stanovené ve vodných výluzích anorganických pigmentů. Filtráty vodných výluhů organických pigmentů obsahujících hořčík prokázaly podstatně vyšší míru ochrany proti korozi než filtrát vodného výluhu oxidu hořečnatého.

4.2. Diskuse k fyzikálně – mechanickým vlastnostem nátěrových filmů na skleněných panelech

4.2.1. Diskuse ke stanovení relativní povrchové tvrdosti

Stanovení relativní povrchové tvrdosti organických povlaků na skleněných panelech bylo měřeno za pomoci Perzosova kyvadla. Měření bylo prováděno v pravidelných intervalech každý sedmý den po dobu 29 dní od nanesení organického povlaku na skleněné panely a následně pak ještě 60. den v případě povlaků na bázi epoxyesterové a epoxidové pryskyřice, u povlaků na bázi alkydové pryskyřice bylo provedeno měření i 4. a 11. den. Z naměřených hodnot vyplývá, že relativní povrchová tvrdost organických povlaků se s odstupem času zvyšovala a maximálních hodnot dosáhla po 60. den. Hodnoty relativní povrchové tvrdosti povlaků se zvyšovaly. Měřené povlaky měly suchou tloušťku $45 \pm 5 \mu\text{m}$. Naměřené hodnoty jsou zaneseny v tabulkách 12 – 14.

Organické povlaky na bázi epoxyesterových pryskyřic pigmentované organickými pigmenty dosáhly nejvyšší hodnoty povrchové tvrdosti šedesátý den. Relativní povrchová tvrdost se pohybovala v hodnotách 5,5 - 37,5 %. Nejvyšší tvrdosti dosáhl organický povlak obsahující pigment $\text{C}_{16}\text{H}_{29}\text{N}_1\text{O}_4\text{Mg}$ o hodnotě OKP 1 %.

Růst relativní povrchové tvrdosti, u organických povlaků na bázi epoxyesterové pryskyřice, se zvyšující se hodnotou OKP byl pozorován u organických povlaků pigmentovaných $\text{C}_{20}\text{H}_{12}\text{N}_2\text{O}_4\text{Mg}$, u organických povlaků obsahujících pigmenty $\text{C}_{16}\text{H}_{29}\text{N}_1\text{O}_4\text{Mg}$, $\text{C}_{12}\text{H}_{21}\text{N}_1\text{O}_4\text{Zn}$ a $\text{C}_{16}\text{H}_{29}\text{N}_1\text{O}_4\text{Zn}$ bylo pozorováno klesání tvrdosti v závislosti na zvyšující se hodnotě OKP, u organických povlaků obsahujících pigment $\text{C}_{20}\text{H}_{12}\text{N}_2\text{O}_4\text{Zn}$ došlo k oscilaci tvrdosti. U všech organických povlaků pigmentovaných organickými pigmenty byla naměřena nižší relativní tvrdost než u organických povlaků pigmentovaných anorganickými pigmenty.

Povlaky pigmentované organickými pigmenty na bázi alkydové pryskyřice dosáhly nejvyšší hodnoty povrchové tvrdosti šedesátý den. Relativní povrchová tvrdost se pohybovala v hodnotách 7,5 - 16,25 %. Nejvyšší relativní povrchová tvrdost byla naměřena u organického povlaku obsahujícího pigment $\text{C}_{12}\text{H}_{21}\text{N}_1\text{O}_4\text{Zn}$ (16,25 %), následoval organický povlak

pigmentovaný $C_{16}H_{29}N_1O_4Zn$ (13 %) a organický povlak pigmentovaný $C_{20}H_{12}N_2O_4Zn$ (12,25 %). Organické povlaky obsahující hořečnaté organické pigmenty dosáhly totožné hodnoty relativní tvrdosti 7,5 %, která byla nejnižší naměřená.

Povlaky pigmentované organickými pigmenty na bázi epoxidové pryskyřice dosáhly nejvyšší hodnoty povrchové tvrdosti šedesátý den. Relativní povrchová tvrdost se pohybovala v hodnotách 35 – 64,25 %. Nejvyšší relativní tvrdost byla naměřena u organického povlaku pigmentovaného $C_{12}H_{21}N_1O_4Zn$ (64,25 %), následoval $C_{20}H_{12}N_2O_4Zn$ (63 %), $C_{20}H_{12}N_2O_4Mg$ (58 %), $C_{16}H_{29}N_1O_4Zn$ (46 %) a $C_{16}H_{29}N_1O_4Mg$ (35 %).

Závěry ze stanovení relativní povrchové tvrdosti

- U organických povlaků na bázi epoxyesterové pryskyřice obsahujících organické hořečnaté pigmenty byla naměřena nižší relativní tvrdost než u organických povlaků obsahujících anorganické pigmenty MgO , $CaSiO_3$ a TiO_2 .
- U organických povlaků na bázi epoxyesterové pryskyřice obsahujících organické zinečnaté pigmenty byla naměřena nižší relativní tvrdost než u organických povlaků obsahujících anorganických pigmenty ZnO , $CaSiO_3$, $Zn_3(PO_4)_2$ a TiO_2 .
- U organických povlaků na bázi alkydové pryskyřice obsahujících organické hořečnaté pigmenty byla naměřena nižší relativní tvrdost než u organických povlaků obsahujících anorganický pigment MgO .
- U organických povlaků obsahujících organické zinečnaté pigmenty byla naměřena nižší relativní tvrdost než u organických povlaků obsahujících anorganický pigment $Zn_3(PO_4)_2$.
- U organických povlaků na bázi epoxidové pryskyřice obsahujících organické hořečnaté pigmenty byla naměřena nižší relativní tvrdost než u organického povlaku obsahujícího anorganický pigment MgO .
- U organických povlaků na bázi epoxyesterové pryskyřice obsahujících organické zinečnaté pigmenty byla naměřena nižší relativní tvrdost než u organického povlaku obsahujícího anorganický pigment $Zn_3(PO_4)_2$.
- Nejvyšší relativní povrchová tvrdost byla naměřena u systémů na bázi epoxidové pryskyřice.

4.2.2. Diskuse k vyhodnocení MEK testu

Organické povlaky o $DFT = 45 \pm 5 \mu m$ aplikované na skleněné panely byly testovány na chemickou odolnost vůči působení methyl(ethyl)ketonu. Měření probíhalo každý 7. den po dobu 29 dní a následně pak 60. den v případě povlaků na bázi epoxyesterové a epoxidové pryskyřice, u povlaků na bázi alkydové pryskyřice bylo provedeno měření i 4. a 11. den. U všech testovaných povlaků bylo s odstupem času pozorováno zvyšování chemické odolnosti daného organického povlaku vůči působení methyl(ethyl)ketonu v důsledku postupného sítování pojiva. Naměřené hodnoty jsou zaneseny v tabulkách 15 – 17.

U všech organických povlaků na bázi epoxyesterové došlo i šedesátý den k prodření povlaku (stupeň 0). U povlaků obsahujících pigmenty $C_{16}H_{29}N_1O_4Mg$, $C_{12}H_{21}N_1O_4Zn$ a $C_{16}H_{29}N_1O_4Zn$ bylo pozorováno snižování odolnosti ku methyl(ethyl)ketonu s rostoucím hodnotou OKP. Hořečnaté pigmenty vykazaly menší stupeň odolnosti ku methyl(ethyl)ketonu než povlaky obsahující anorganický pigment MgO , nejdéle odolával povlak pigmentovaný

$C_{16}H_{29}N_1O_4Mg$ o hodnotě OKP 1 % (164 s). Pigment $C_{16}H_{29}N_1O_4Zn$ o hodnotě OKP 1 % jako jediný prokázal vyšší odolnost ku methyl(ethyl)ketonu (242 s) než anorganické pigmenty.

U všech organických povlaků na bázi alkydové pryskyřice pigmentovaných organickými pigmenty došlo i šedesátý den k prodření povlaku (stupeň 0). Největší odolnost ku vlivu methyl(ethyl)ketonu prokázal organický povlak obsahující pigment $C_{20}H_{12}N_2O_4Mg$ (243 s) z organických povlaků pigmentovaných zinečnatými pigmenty nejdéle odolával povlak obsahující $C_{16}H_{29}N_1O_4Zn$ (230 s). Všechny organické povlaky obsahující organické pigmenty prokázaly menší odolnost vůči methyl(ethyl)ketonu než organické povlaky obsahující anorganické pigmenty,

U žádného organického povlaku na bázi epoxidové nedošlo šedesátý den k prodření povlaku. Povlaky s oběma organickými pigmenty obsahujícími hořčík byly po posledním měření hodnoceny stupněm 4, z povlaků pigmentovaných organickými zinečnatými pigmenty nejlépe odolával povlak pigmentovaný $C_{16}H_{29}N_1O_4Zn$, který byl ohodnocen stupněm 5, zbylé povlaky obsahující zinečnaté pigmenty stupněm 4. Organické povlaky obsahující hořečnaté i zinečnaté pigmenty s výjimkou $C_{16}H_{29}N_1O_4Zn$ prokázaly nižší odolnost vůči působení methyl(ethyl)ketonu než anorganické pigmenty.

Závěry z vyhodnocení mek testu

- Organické povlaky pigmentované organickými pigmenty vykázaly menší odolnost vůči vlivu methyl(ethyl)ketonu než organické povlaky pigmentované anorganickými pigmenty.
- Vlivu methyl(ethyl)ketonu nejlépe odolávaly systémy na bázi epoxidů a nejnižší odolnost vůči působení methyl(ethyl)ketonu prokázaly systémy na bázi epoxyesterových pryskyřic.

4.2.3. Diskuse k vyhodnocení lesku

Měření čísla lesku organických povlaků o DFT = $45 \pm 5 \mu m$ nanesených na skleněných panely bylo prováděno každý sedmý den po dobu 29 dní a následně pak 60. den, lesk byl měřen pod úhly 20 °, 60 ° a 85 °, v případě povlaků na bázi epoxyesterové a epoxidové pryskyřice, u povlaků na bázi alkydové pryskyřice bylo provedeno měření i 4. a 11. den. U všech testovaných povlaků docházelo s oscilací lesku. Naměřené hodnoty jsou zaneseny v tabulkách 18 – 21.

Organické povlaky na bázi epoxyesterové pryskyřice pigmentované $C_{20}H_{12}N_2O_4Mg$ byly při všech hodnotách OKP středně lesklé. Povlaky pigmentované $C_{16}H_{29}N_1O_4Mg$ byly při hodnotách OKP 1 % a 5 % lesklé, při hodnotě OKP 10 % šlo o středně lesklý povlak. Povlak s obsahem pigmentu $C_{12}H_{21}N_1O_4Zn$ při hodnotě OKP 1 % byl matný, zatím co při OKP 5 % a 10 % byl lesklý. Povlak s obsahem pigmentu $C_{16}H_{29}N_1O_4Zn$ byl při OKP 1 % středně lesklý, při OKP 5 % lesklý a při OKP 10 % matný. Povlak s obsahem pigmentu $C_{20}H_{12}N_2O_4Zn$ byl při OKP 1 % středně lesklý, při OKP 5 % lesklý a při OKP 10 % středně lesklý.

Organický povlak na bázi alkydové pryskyřice pigmentovaný $C_{20}H_{12}N_2O_4Mg$ byl při ukončení měření lesklý, povlak pigmentovaný $C_{16}H_{29}N_1O_4Mg$ byl lesklý, povlak pigmentovaný $C_{12}H_{21}N_1O_4Zn$ byl matný, povlak pigmentovaný $C_{16}H_{29}N_1O_4Zn$ byl lesklý a povlak pigmentovaný $C_{20}H_{12}N_2O_4Zn$ byl lesklý.

Organický povlak na bázi epoxidové pryskyřice pigmentovaný $C_{20}H_{12}N_2O_4Mg$ byl při ukončení měření matný, povlak pigmentovaný $C_{16}H_{29}N_1O_4Mg$ byl matný, povlak

pigmentovaný $C_{12}H_{21}N_1O_4Zn$ byl středně lesklý, povlak pigmentovaný $C_{16}H_{29}N_1O_4Zn$ byl matný a povlak pigmentovaný $C_{20}H_{12}N_2O_4Zn$ byl středně lesklý.

4.2.4. Diskuse k vyhodnocení Buchholtzovy vrypové zkoušky

Organické povlaky o $DFT = 45 \pm 5 \mu m$ aplikované na skleněné panely byly testovány na odolnost proti vrypu za pomoci Buchholzova vrypového zařízení. Délka vrypu v nátěrovém filmu byla měřena každý 7. den po dobu 29 dní a následně pak 60. den v případě povlaků na bázi epoxyesterové a epoxidové pryskyřice, u povlaků na bázi alkydové pryskyřice bylo provedeno měření i 4. a 11. den. Obecně lze říct, že u všech testovaných povlaků s odstupem času docházelo ke snižování délky vrypu v důsledku postupného vytvrzování pojiva. Naměřené hodnoty jsou zaneseny v tabulkách 22 – 24.

U organických povlaků na bázi epoxyesterové pryskyřice pigmentovaných organickými pigmenty dosahovaly 60. den délky vrypu 0,824 – 1,683 mm. U povlaků nebyla pozorována závislost hodnoty OKP na délce vrypu. U povlaků pigmentovaných organickými hořečnatými pigmenty byla naměřena nejnižší délka vrypu u povlaku obsahující $C_{20}H_{12}N_2O_4Mg$ o hodnotě OKP 5 % (1,104 mm), nejvyšší délky vrypu dosáhl povlak obsahující $C_{16}H_{29}N_1O_4Mg$ o hodnotě OKP 5 % (1,422 mm). U povlaků pigmentovaných organickými zinečnatými pigmenty byla naměřena nejnižší délka vrypu u povlaku obsahující $C_{20}H_{12}N_2O_4Zn$ o hodnotě OKP 5 % (0,824 mm), nejvyšší délky vrypu dosáhl povlak obsahující $C_{16}H_{29}N_1O_4Zn$ o hodnotě OKP 10 % (1,683 mm). U většiny povlaků obsahujících organické pigmenty byla naměřena vyšší délka vrypu než u povlaků obsahujících anorganické pigmenty.

U organických povlaků na bázi alkydové pryskyřice pigmentovaných organickými pigmenty dosahovaly 60. den délky vrypu 0,72 – 1,272 mm. U povlaků pigmentovaných organickými hořečnatými pigmenty byla naměřena nejnižší délka vrypu u povlaku obsahující $C_{20}H_{12}N_2O_4Mg$ (1,026 mm), nejvyšší délka vrypu u povlaku pigmentovaného $C_{16}H_{29}N_1O_4Mg$ (1,059 mm). U povlaků pigmentovaných organickými zinečnatými pigmenty byla naměřena nejnižší délka vrypu u povlaku obsahující $C_{20}H_{12}N_2O_4Mg$ (1,026 mm). U povlaků pigmentovaných organickými zinečnatými pigmenty byla naměřena nejnižší délka vrypu u povlaku obsahujícího $C_{20}H_{12}N_2O_4Zn$ (0,72 mm), u povlaku s pigmentem $C_{12}H_{21}N_1O_4Zn$ byla (1,272 mm) a u povlaku s pigmentem $C_{16}H_{29}N_1O_4Zn$ (1,44 mm). U většiny povlaků obsahujících organické pigmenty byla naměřena vyšší délka vrypu než u povlaků obsahujících anorganické pigmenty.

U organických povlaků na bázi epoxidové pryskyřice pigmentovaných organickými pigmenty dosahovaly 60. den délky vrypu 0,665 – 1,032 mm. U povlaků pigmentovaných organickými hořečnatými pigmenty byla naměřena nejnižší délka vrypu u povlaku obsahující $C_{20}H_{12}N_2O_4Mg$ (0,84 mm), nejvyšší délka vrypu u povlaku pigmentovaného $C_{16}H_{29}N_1O_4Mg$ (0,881 mm). U povlaků pigmentovaných organickými zinečnatými pigmenty byla naměřena nejnižší délka vrypu u povlaku obsahující $C_{20}H_{12}N_2O_4Zn$ (0,665 mm), u povlaku s pigmentem $C_{16}H_{29}N_1O_4Zn$ (0,878 mm) a u povlaku s pigmentem $C_{12}H_{21}N_1O_4Zn$ (1,032 mm). U většiny povlaků obsahujících organické pigmenty byla naměřena vyšší délka vrypu než u povlaků obsahujících anorganické pigmenty.

Závěry z vyhodnocení Buchholtzovy vrypové zkoušky

- Odolnost vůči vrypu povlaků s postupem času rostla.
- Povlaky obsahující organické pigmenty vykazaly nižší odolnost vůči vrypu než povlaky obsahující organické pigmenty.
- Nejvyšší odolnost vůči vrypu vykazaly systémy na bázi epoxidové pryskyřice.

4.2.5. Diskuse ke stanovení přilnavosti nátěrového filmu mřížkovou metodou

Přilnavost nátěrového filmu mřížkovou metodou byla hodnocena na ocelových panelech po ukončení korozních zkoušek, tyto povlaky dosahovaly $DFT = 95 \pm 5 \mu\text{m}$, na tyto povlaky byl použit řezný nástroj s rozstupem čepelí 2 mm. Na skleněné desky a ocelové plechy typu DC01 o $DFT = 45 \pm 5 \mu\text{m}$ byl použit řezná nástroj s rozstupem čepelí 1 mm. Naměřené hodnoty jsou zaneseny v tabulkách 25 – 27.

Z povlaků na bázi epoxyesterové pryskyřice byla nejvyšší přilnavost ku povrchu po zrychleném korozním testu v atmosféře s povšechnou kondenzací zaznamenána u organického povlaku s obsahem $\text{C}_{20}\text{H}_{12}\text{N}_2\text{O}_4\text{Mg}$ a $\text{C}_{20}\text{H}_{12}\text{N}_2\text{O}_4\text{Zn}$. U těchto organických povlaků byly při všech hodnotách OKP hodnoceny vzniklé mřížky stupněm 1, poškození mřížky bylo maximálně 5 %, tyto organické povlaky vykazaly vyšší přilnavost než většina organických povlaků pigmentovaných anorganickými pigmenty. Nejnižší přilnavost byla nalezena u organického povlaku s obsahem $\text{C}_{12}\text{H}_{21}\text{N}_1\text{O}_4\text{Zn}$ a $\text{C}_{16}\text{H}_{29}\text{N}_1\text{O}_4\text{Zn}$, které byly při všech hodnotách OKP hodnoceny stupněm 2, poškození mřížky bylo 5 - 15 %. Nejvyšší přilnavost po směsných korozních zkouškách byla nalezena u organického povlaku s pigmentem $\text{C}_{20}\text{H}_{12}\text{N}_2\text{O}_4\text{Mg}$, kdy povlaky při všech hodnotách OKP byly hodnoceny stupněm 1, poškození mřížky bylo maximálně 5 %, nejnižší přilnavost byla nalezena u povlaku pigmentovaného $\text{C}_{16}\text{H}_{29}\text{N}_1\text{O}_4\text{Mg}$ o hodnotě OKP 10 % (st. 5), u kterého došlo k poškození mřížky z více než 65 %. U povlaků vystavených atmosféře s obsahem SO_2 byla nejvyšší přilnavost stanovena u povlaku pigmentovaného pigmentem $\text{C}_{20}\text{H}_{12}\text{N}_2\text{O}_4\text{Mg}$, kdy povlaky při všech hodnotách OKP byly hodnoceny stupněm 1, poškození mřížky bylo maximálně 5 %, nejnižší přilnavost byla stanovena u povlaku pigmentovaného $\text{C}_{16}\text{H}_{29}\text{N}_1\text{O}_4\text{Mg}$, který byl při hodnotách OKP 1 a 5 % hodnocen stupněm 2, poškození mřížky bylo 5 - 15 %. Nejvyšší přilnavosti na DC01 panelech dosáhl organický povlak s obsahem pigmentu $\text{C}_{16}\text{H}_{29}\text{N}_1\text{O}_4\text{Mg}$, jehož povlaky byly při všech hodnotách OKP hodnoceny stupněm 1, poškození mřížky bylo maximálně 5 %, nejnižší přilnavost vykázal povlak pigmentovaný $\text{C}_{16}\text{H}_{29}\text{N}_1\text{O}_4\text{Mg}$ při hodnotě OKP 10 %. Nejvyšší přilnavost ke sklu byla vyhodnocena u povlaku s obsahem pigmentu $\text{C}_{16}\text{H}_{29}\text{N}_1\text{O}_4\text{Zn}$, jehož povlaky byly hodnoceny při hodnotě OKP 1 % stupněm 2, poškození mřížky bylo 5 - 15 % a zbylé OKP stupněm 1, poškození mřížky bylo maximálně 5 %. Nejnižší přilnavost prokázal povlak s pigmentem $\text{C}_{12}\text{H}_{21}\text{N}_1\text{O}_4\text{Zn}$, jehož povlaky byly při všech hodnotách OKP hodnoceny stupněm 5, poškození mřížky bylo z více než 65 %.

Z povlaků na bázi alkydové pryskyřice byla nejvyšší přilnavost ku povrchu po zrychleném korozním testu v atmosféře s povšechnou kondenzací nalezena u organických povlaků obsahujících $\text{C}_{20}\text{H}_{12}\text{N}_2\text{O}_4\text{Mg}$ a $\text{C}_{20}\text{H}_{12}\text{N}_2\text{O}_4\text{Zn}$. U těchto organických povlaků byly hodnoceny vzniklé mřížky stupněm 1, poškození mřížky bylo maximálně 5 %, tyto organické povlaky vykazaly vyšší přilnavost než organické povlaky pigmentované anorganickými pigmenty. Nejnižší přilnavost byla nalezena u organického povlaku obsahujícího $\text{C}_{16}\text{H}_{29}\text{N}_1\text{O}_4\text{Mg}$, který byl hodnocen stupněm 5, poškození mřížky bylo z více než 65 %. Nejvyšší přilnavost po směsných korozních zkouškách byla nalezena u organického povlaku

pigmentovaného $C_{20}H_{12}N_2O_4Mg$, $C_{16}H_{29}N_1O_4Zn$ a $C_{20}H_{12}N_2O_4Zn$, které byly hodnoceny stupněm 1, poškození mřížky bylo maximálně 5 %, nejnižší přilnavost vykázal organický povlak pigmentovaný $C_{16}H_{29}N_1O_4Mg$, který byl hodnocen stupněm 5, poškození mřížky bylo z více než 65 %. Z povlaků vystavených atmosféře s obsahem SO_2 byl hodnocen stupněm 5, poškození mřížky bylo z více než 65 %, organický povlak pigmentovaný $C_{20}H_{12}N_2O_4Mg$, zbylé organické povlaky byly hodnoceny stupněm 2, poškození mřížky bylo 5 – 15 %. Nejvyšší přilnavosti na DC01 panelech dosáhl organický povlak pigmentovaný $C_{20}H_{12}N_2O_4Zn$, který byl hodnocen stupněm 1, poškození mřížky bylo maximálně 5 %, nejnižší přilnavost byla nalezena u organického povlaku pigmentovaného $C_{16}H_{29}N_1O_4Mg$, který byl hodnocen stupněm 3, mřížka byla poškozena z 15 – 35 %. Nejvyšší přilnavost ke sklu byla stanovena u organického povlaku pigmentovaného $C_{20}H_{12}N_2O_4Zn$, který byl hodnocen stupněm 1, poškození mřížky bylo maximálně 5 %, nejnižší přilnavost byla nalezena u organického povlaku pigmentovaného $C_{16}H_{29}N_1O_4Zn$, který byl hodnocen stupněm 5, poškození mřížky bylo z více než 65 %.

Z povlaků na bázi epoxidové pryskyřice byla nejvyšší přilnavost ku povrchu po zrychleném korozním testu v atmosféře s povšechnou kondenzací nalezena u organického povlaku pigmentovaného $C_{20}H_{12}N_2O_4Mg$, $C_{16}H_{29}N_1O_4Zn$ a $C_{20}H_{12}N_2O_4Zn$, povlaky s obsahem těchto pigmentů byly hodnoceny stupněm 1, poškození mřížky bylo maximálně 5 %, nejnižší přilnavost vykázal organický povlak pigmentovaný $C_{16}H_{29}N_1O_4Mg$, který byl hodnocen stupněm 5, poškození mřížky bylo z více než 65 %. Nejvyšší přilnavost po směsných korozních zkouškách byla nalezena u organického povlaku pigmentovaného $C_{20}H_{12}N_2O_4Zn$, který byl hodnocen stupněm 1, poškození mřížky bylo maximálně 5 %, nejnižší přilnavost byla naměřena u organických povlaků obsahujících hořečnaté pigmenty, které byly hodnoceny stupněm 5, poškození mřížky bylo z více než 65 %. Z povlaků vystavených atmosféře s obsahem SO_2 byla nejvyšší přilnavost nalezena u povlaků pigmentovaných $C_{20}H_{12}N_2O_4Mg$ a $C_{20}H_{12}N_2O_4Zn$, které byly hodnoceny stupněm 1, poškození mřížky bylo maximálně 5 %, nejnižší přilnavosti dosáhly organické povlaky pigmentované $C_{16}H_{29}N_1O_4Mg$ a $C_{12}H_{21}N_1O_4Zn$, které byly hodnoceny stupněm 4, mřížka byla poškozena z 35 – 65 %. Nejnižší přilnavost ku panelu DC01 byla stanovena u organického povlaku pigmentovaného $C_{16}H_{29}N_1O_4Mg$, který byl hodnocen stupněm 5, poškození mřížky bylo z více než 65 %, zbylé organické povlaky byly hodnoceny stupněm 1, poškození mřížky bylo maximálně 5 %. Nejnižší přilnavost ku sklu byla naměřena u organických povlaků obsahujících ve své molekule dodecyl, tyto povlaky byly hodnoceny stupněm 5, poškození mřížky bylo z více než 65 %, zbylé povlaky stupněm 1, poškození mřížky bylo maximálně 5 %.

Závěry z hodnocení přilnavosti nátěrového filmu mřížkovou metodou

- Nejvyšší přilnavosti mezi systémy na bázi epoxyesterové pryskyřice dosáhly povlaky pigmentované pigmenty obsahujícími beta-naftol.
- Nejvyšší přilnavosti mezi systémy na bázi alkydové pryskyřice dosáhl povlak obsahující pigment $C_{20}H_{12}N_2O_4Zn$, kdy tento povlak vykázal vyšší přilnavost ku podkladu než organické povlaky pigmentované anorganickými pigmenty.
- Nejvyšší přilnavosti mezi systémy na bázi epoxidové pryskyřice dosáhl povlak obsahující pigment $C_{20}H_{12}N_2O_4Zn$, ten vykázal stejnou přilnavost ku podkladu jako organické povlaky obsahující anorganické pigmenty, zbylé povlaky obsahující organické pigmenty vykázaly přilnavost nižší.

4.3. Diskuse k fyzikálně – mechanickým vlastnostem nátěrových filmů na ocelových panelech

4.3.1. Diskuse k hodnocení odolnosti vůči hloubení, ohybu a padajícímu závaží

Organické povlaky o DFT = 45 ± 10 μm aplikované na ocelové panely třídy DC01 byly podrobeny mechanickým zkouškám. Byla provedena zkouška ohybem přes válcový trn o průměru 4 mm, zkouška hloubením za pomoci Erichsenova přístroje a zkouška úderem pomocí padajícího 1000 g závaží z výšky 1 m. Mechanické zkoušky byly provedeny po dosažení konstantních hodnot povrchových tvrdostí nátěrových filmů, tedy 60 dní od aplikování. Naměřené hodnoty jsou zaneseny v tabulkách 28 - 30.

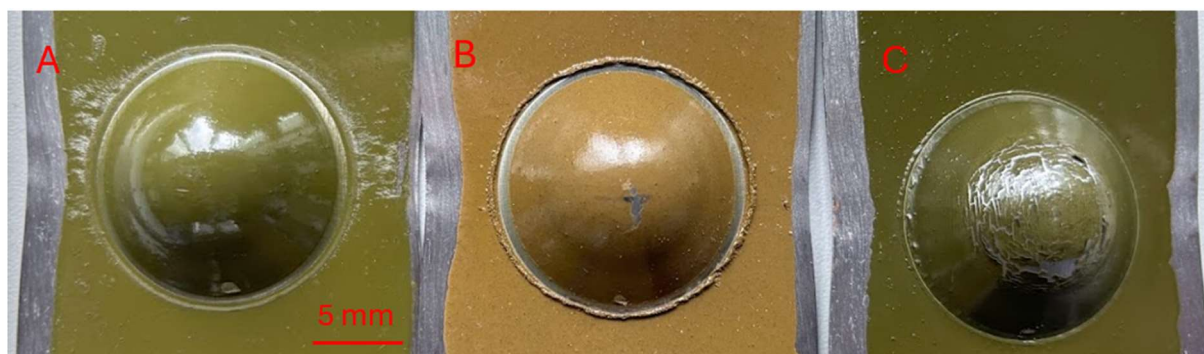
Pigmentované povlaky na bázi epoxyesterové pryskyřice odolaly vtlačení kuličky do hloubky 10 mm bez popraskání nátěrového filmu. Vysokou odolnost vykazaly povlaky vůči ohybu o přes válcový trn o průměru 4 mm, kdy ani u jednoho povlaku nedošlo k narušení celistvosti povlaku. Maximální odolnost prokázaly nátěry i při zkoušce padajícím závažím, kdy bylo závaží spouštěno z výšky 1 m na rubovou stranu panelu. Všechny povlaky odolaly pádu závaží z výšky jednoho metru bez vzniku prasklin či jiných defektů.

V případě organických povlaků na bázi alkydové pryskyřice odolaly vtlačení kuličky do hloubky 10 mm bez popraskání nátěrového filmu povlaky obsahující pigmenty $\text{C}_{12}\text{H}_{21}\text{N}_1\text{O}_4\text{Zn}$ a $\text{C}_{16}\text{H}_{29}\text{N}_1\text{O}_4\text{Zn}$. Nejnížší odolnost proti hloubení vykázal povlak obsahující pigment $\text{C}_{20}\text{H}_{12}\text{N}_2\text{O}_4\text{Zn}$ (8,53 mm). U organického povlaku s obsahem pigmentu $\text{C}_{20}\text{H}_{12}\text{N}_2\text{O}_4\text{Mg}$ došlo k popraskání při 8,97 mm a u organického povlaku s obsahem pigmentu $\text{C}_{16}\text{H}_{29}\text{N}_1\text{O}_4\text{Mg}$ při 9,31 mm. U organických povlaků pigmentovaných anorganickými pigmenty nedošlo při hloubení k popraskání ani při hloubení do vzdálenosti 10 mm. Všechny povlaky na bázi alkydové pryskyřice odolaly ohybu přes válcový trn o průměru 4 mm. Stejnou odolnost prokázaly všechny organické povlaky na bázi tohoto pojiva při zkoušce padajícím závažím, při které také nedošlo k poškození ani jednoho panelu po pádu kilového závaží z maximální výšky 1 metru.

Z povlaků na bázi epoxidové pryskyřice nejlépe odolával hloubení povlak obsahující pigment $\text{C}_{20}\text{H}_{12}\text{N}_2\text{O}_4\text{Zn}$ (8,05 mm), zatím co nejnižší odolnosti dosáhl organický povlak pigmentovaný $\text{C}_{16}\text{H}_{29}\text{N}_1\text{O}_4\text{Zn}$ (2,64 mm). Nátěrové filmy pigmentované organickými pigmenty vykazaly nižší odolnost vůči hloubení než nátěrové filmy pigmentované anorganickými pigmenty. Nejvyšší odolnost vůči ohybu prokázaly organické povlaky s obsahem pigmentů $\text{C}_{20}\text{H}_{12}\text{N}_2\text{O}_4\text{Mg}$ a $\text{C}_{12}\text{H}_{21}\text{N}_1\text{O}_4\text{Zn}$, které odolaly ohybu přes válcový trn o průměru 16 mm. Nejnižší odolnost vůči ohybu vykazaly povlaky pigmentované $\text{C}_{16}\text{H}_{29}\text{N}_1\text{O}_4\text{Mg}$ a $\text{C}_{16}\text{H}_{29}\text{N}_1\text{O}_4\text{Zn}$, které odolaly ohybu přes válcový trn o průměru 25 mm. Všechny nátěrové filmy pigmentované organickými pigmenty vykazaly menší odolnost vůči ohybu než nátěrové filmy s obsahem anorganických pigmentů. Při zkoušce padajícím závažím nejlépe odolával povlak pigmentovaný $\text{C}_{20}\text{H}_{12}\text{N}_2\text{O}_4\text{Mg}$ (20 cm) zatím co u ostatních zkoušených organických povlaků byla odolnost vůči padajícímu závaží nižší než 5 cm. Všechny organické povlaky pigmentované organickými pigmenty s výjimkou $\text{C}_{20}\text{H}_{12}\text{N}_2\text{O}_4\text{Mg}$ vykazaly nižší odolnost vůči padajícímu závaží než organické povlaky pigmentované anorganickými pigmenty.

Závěry z hodnocení odolnosti vůči hloubení, ohybu a padajícímu závaží

- Nejvyšší odolnost vůči hloubení prokázaly systémy na bázi epoxyesterové pryskyřice, zatím co nejnižší odolnosti dosáhly organické povlaky na bázi epoxidové pryskyřice.
- Při zkoušce ohybem prokázaly systémy na bázi epoxyesterové pryskyřice či alkydové pryskyřice maximální odolnost, kdy u žádného vzorku nebylo zaznamenáno poškození.
- Stejnou odolnost vykazaly systémy obsahující na bázi epoxyesterové či alkydové pryskyřice při zkoušce padajícím závažím, kdy u žádného vzorku nedošlo k poškození povlaku.



Obrázek 24. Fotografie organických povlaků pigmentovaných $C_{20}H_{12}N_2O_4Mg$ na bázi A) epoxyesterové pryskyřice, B) alkydové pryskyřice, C) epoxidové pryskyřice

4.3.2. Diskuse ke stanovení změny barevnosti

Barevnost byla měřena spektrofotometrem, doba působení QUV mezi jednotlivými měřeními byla 120 hodin. Měření bylo prováděno po stodvacetihodinovém cyklu v QUV komoře během měření zrychlených korozních zkoušek v komoře se směsnou atmosférou. Povlaky na bázi epoxyesterové pryskyřice byly měřeny třikrát, povlaky na bázi alkydové a epoxidové pryskyřice byly měřeny dvakrát. Pro měření byl využit systém CIE Lab. U většiny testovaných organických povlaků docházelo vlivem UV záření k bělení povlaku. Naměřené hodnoty jsou zaneseny v tabulkách 31 – 34.

Největší změna barevnosti u povlaku na bázi epoxyesterové pryskyřice byla zaznamenána u povlaku pigmentovaného $C_{20}H_{12}N_2O_4Mg$ o hodnotě OKP 10 %, u kterého došlo po 360 hodinách ke změně barevnosti ΔE^* o 34,38. Z organických povlaků pigmentovaných hořečnatými pigmenty nejlépe odolával povlak pigmentovaný $C_{16}H_{29}N_1O_4Mg$, u kterého došlo ke změně barevnosti ΔE^* o 3,98. U organických povlaků obsahujících zinečnaté pigmenty byla nejvyšší změna barevnosti pozorována u povlaku pigmentovaného $C_{20}H_{12}N_2O_4Zn$ o hodnotě OKP 5 %, naměřená hodnota ΔE^* byla 22,33. Nejnižší barevná změna byla pozorována u organického povlaku obsahujícího $C_{12}H_{21}N_1O_4Zn$, ΔE^* byla 2,06.

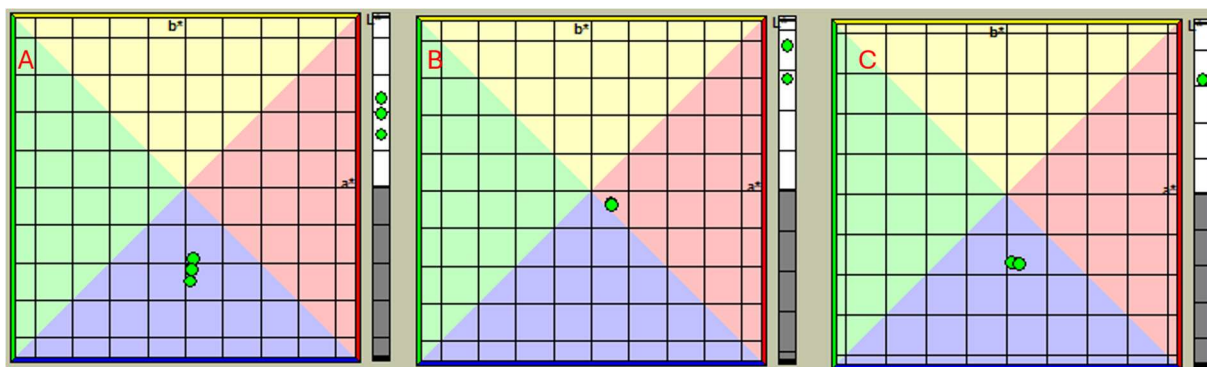
Nejvyšší změna barevnosti u povlaku na bázi alkydové pryskyřice byla zaznamenána u povlaku pigmentovaného $C_{12}H_{21}N_1O_4Zn$ o hodnotě OKP 10 %, po 240 hodinách došlo ke změně barevnosti ΔE^* o 25,89. Z organických povlaků pigmentovaných zinečnatými pigmenty nejlépe odolával povlak pigmentovaný $C_{20}H_{12}N_2O_4Zn$, naměřená změna barevnosti ΔE^* byla 17,33. Z organických povlaků pigmentovaných organickými hořečnatými pigmenty byla

zaznamenána nejvyšší změna barevnosti u povlaku obsahující pigment $C_{20}H_{12}N_2O_4Mg$, hodnota ΔE^* byla 19,26. Nejnižší změna barevnosti byla naměřena u povlaku obsahujícího pigment $C_{16}H_{29}N_1O_4Mg$, ΔE^* byla 5,41.

Nejvyšší změna barevnosti u povlaku na bázi epoxidové pryskyřice byla zaznamenána u povlaku pigmentovaného $C_{20}H_{12}N_2O_4Mg$, po 240 hodinách došlo ke změně barevnosti ΔE^* o 48,19. Z organických povlaků pigmentovaných hořečnatými pigmenty nejlépe odolával povlak obsahující pigment $C_{16}H_{29}N_1O_4Mg$, u kterého došlo ke změně barevnosti ΔE^* o 9,35. U organických povlaků obsahujících zinečnaté pigmenty byla nejvyšší změna barevnosti pozorována u organického povlaku obsahující pigment $C_{20}H_{12}N_2O_4Zn$, hodnota ΔE^* byla 39,81. Nejnižší změna barevnosti byla naměřena u organického povlaku pigmentovaného $C_{16}H_{29}N_1O_4Mg$, ΔE^* byla 4,39.

Závěry ze stanovení změny barevnosti

- Největší změna barevnosti byla nalezena u pigmentů, která ve své molekule obsahují molekulu beta-naftolu.
- Organické povlaky obsahující organické pigmenty vykazaly menší odolnost vůči změně barevnosti než organické povlaky obsahující anorganické pigmenty.



Obrázek 25. Změna barevnosti organického povlaku pigmentovaného $C_{20}H_{12}N_2O_4Mg$, A) s pojivem epoxyesterovou pryskyřicí, B) alkydovou pryskyřicí, C) epoxidovou pryskyřicí

4.4. Diskuse k výsledkům zrychlených korozních zkoušek

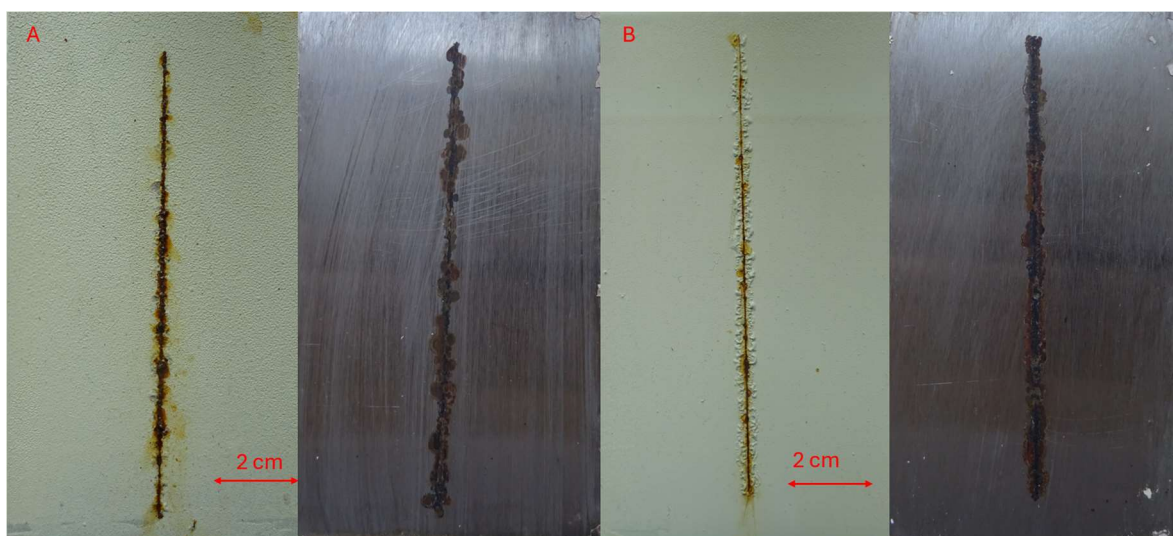
4.4.1. Diskuse k výsledkům korozní zkoušky v atmosféře s obsahem SO_2

Na ocelových panelech s organickým povlakem o $DFT = 95 \pm 5 \mu m$ byly hodnoceny korozní změny vlivem působení prostředí atmosféry s obsahem SO_2 . Korozní působení bylo hodnoceno vždy po pěti dnech (120 hodinách) a ukončeno bylo po 1200 hodinách. V průběhu bylo hodnoceno množství puchýřů v ploše a v řezu a koroze v ploše a v řezu (tabulka 35 - 40).

Z organických povlaků bázi epoxyesterové pryskyřice obsahujících pigment obsahující hořečnatý iont prokázal nejvyšší antikorozi odolnost organický povlak s obsahem pigmentu $C_{16}H_{29}N_1O_4Mg$ o hodnotě OKP 1 %. Se zvyšující se hodnotou OKP se antikorozi účinnost snižovala. Povlak vykazoval nejmenší puchýře v ploše (8M) a rovněž nejnižší hodnotu koroze v místě řezu (33 %). Povlak prokázal vyšší protikorozi ochranu než standardy obsahující anorganický pigment MgO , avšak nižší antikorozi účinnost než povlak obsahující pigment $CaSiO_3$ o hodnotě OKP 10 % a povlak s obsahem pigmentu TiO_2 o hodnotě OKP 10 %.

Nejnižší antikoroziční účinnosti dosáhl organický povlak s obsahem pigmentu $C_{20}H_{12}N_2O_4Mg$ o hodnotě OKP 5 %.

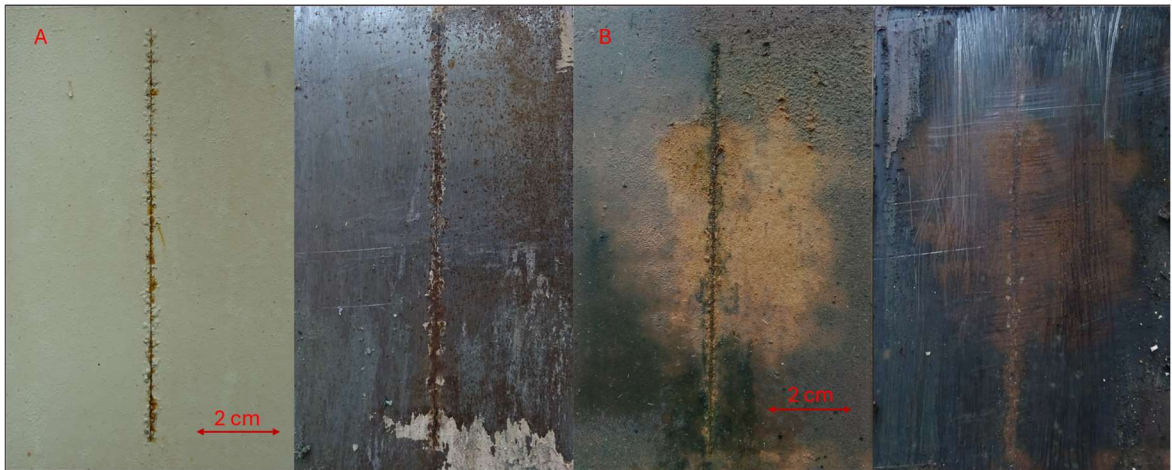
Z organických povlaků na bázi epoxyesterové pryskyřice obsahujících pigment obsahující zinečnatý iont prokázal nejvyšší antikoroziční odolnost organický povlak s obsahem pigmentu $C_{16}H_{29}N_1O_4Zn$ o hodnotě OKP 1 %, povlak vykazoval nejnižší četnost puchýřů v ploše (8F). Povlak obsahující pigment $C_{16}H_{29}N_1O_4Zn$ o hodnotě OKP 10 % prokázal vyšší antikoroziční ochranu v řezu, avšak nižší antikoroziční účinnost ploše panelu. Pigment $C_{16}H_{29}N_1O_4Zn$ prokázal téměř identickou antikoroziční odolnost proti vzniku puchýřů jako organické povlaky pigmentované anorganickými pigmenty $Zn_3(PO_4)_2$, ZnO , $CaSiO_3$ a TiO_2 , avšak nižší antikoroziční účinnost v místě řezu. Nejnižší antikoroziční účinnost byla zaznamenána u organického povlaku s obsahem pigmentu $C_{20}H_{12}N_2O_4Zn$ o hodnotě OKP 10 %, v ploše organického povlaku byla nalezeno nejvíce puchýřů (2MD) a v řezu nejvyšší rozsah koroze (33 %).



Obrázek 26. Fotografie vybraných organických povlaků na bázi epoxyesterové pryskyřice a ocelových panelů po jejich odstranění po 1200 hodinách v atmosféře obsahující SO_2 pigmentované A) $C_{16}H_{29}N_1O_4Mg$ o OKP 1 %, B) $C_{16}H_{29}N_1O_4Zn$ o OKP 1 %

Z organických povlaků na bázi alkydové pryskyřice obsahujících pigment obsahující hořečnatý iont prokázal nejvyšší antikoroziční odolnost organický povlak s obsahem pigmentu $C_{16}H_{29}N_1O_4Mg$ o hodnotě OKP 10 %. Puchýře v řezu i ploše byly hodnoceny stupněm 6D. Tento organický povlak prokázal vyšší antikoroziční účinnost než organický povlak pigmentovaný MgO , u kterého došlo k 100 % zkorodování.

Z organických povlaků na bázi alkydové pryskyřice obsahujících pigment obsahující zinečnatý iont prokázal nejvyšší antikoroziční odolnost organický povlak s obsahem pigmentu $C_{20}H_{12}N_2O_4Zn$ o hodnotě OKP 10 %, puchýře v ploše a řezu byly hodnoceny stupněm 6D. Organické povlaky pigmentované anorganickými pigmenty obsahující zinečnatý iont, $CaSiO_3$ a TiO_2 však prokázaly vyšší antikoroziční účinnost.



Obrázek 27. Fotografie vybraných organických povlaků na bázi alkydové pryskyřice a ocelových panelů po jejich odstranění s nejvyšší antikorozií odolností po 1200 hodinách v atmosféře obsahující SO₂ pigmentované A) C₁₆H₂₉N₁O₄Mg o OKP 10 %, B) C₂₀H₁₂N₂O₄Zn o OKP 10 %.

Z organických povlaků na bázi epoxidové pryskyřice obsahujících pigment obsahující hořečnatý iont prokázal nejvyšší antikorozií odolnost organický povlak obsahující pigment C₂₀H₁₂N₂O₄Mg o hodnotě OKP 10 %. Četnost puchýřů v ploše povlaku byla hodnocena stupněm 8M, v řezu stupněm 4D, koroze v řezu byla 50 %. Tento organický povlak prokázal vyšší antikorozií účinnost než organický povlak obsahující anorganický pigment MgO a vyšší ochranu proti korozi v řezu než CaSiO₃ a TiO₂.

Z organických povlaků na bázi epoxidové pryskyřice obsahujících pigment obsahující zinečnatý iont prokázal nejvyšší antikorozií odolnost organický povlak obsahující pigment C₂₀H₁₂N₂O₄Zn o hodnotě OKP 10 %. Četnost puchýřů v ploše povlaku byla hodnocena stupněm 8M, v řezu stupněm 4MD, koroze v řezu byla 50 %. Tento organický povlak prokázal větší ochranu proti vzniku puchýřů v místě řezu než organické pigmenty obsahující anorganické pigmenty Zn₃(PO₄)₂, ZnO a vyšší míru ochrany proti korozi v místě řezu než organický povlak obsahující CaSiO₃ a TiO₂.



Obrázek 28. Fotografie vybraných povlaků na bázi epoxidové pryskyřice a ocelových panelů po jejich odstranění s nejvyšší antikorozií odolností po 1200 hodinách v atmosféře obsahující SO₂ pigmentované A) C₂₀H₁₂N₂O₄Mg o OKP 10 %, B) C₂₀H₁₂N₂O₄Zn o OKP 10 %.

Závěry z hodnocení korozní odolnosti organických povlaků v atmosféře s obsahem SO₂

- U organických povlaků na bázi epoxysterové pryskyřice obsahujících pigment obsahující hořčnatý iont vedlo zvyšování hodnoty OKP ke snížení antikorozi účinnosti.
- U organických povlaků obsahujících pigment C₁₂H₂₁N₁O₄Zn a C₁₆H₂₉N₁O₄Zn vedlo zvyšování hodnoty OKP k nižší odolnosti povlaku ku vzniku puchýřů.
- Oba organické povlaky na bázi alkydové pryskyřice obsahující organický pigment obsahující hořčnatý iont prokázaly vyšší antikorozi ochranu než organický povlak obsahující anorganický pigment MgO při stejné hodnotě OKP.
- Z organických povlaků na bázi alkydové pryskyřice obsahujících organické pigmenty prokázal nevyšší antikorozi ochranu organický povlak obsahující pigment C₁₆H₂₉N₁O₄Mg.
- Z povlaků na bázi epoxidové pryskyřice prokázal nejvyšší ochranu po odstranění organického povlaku organický povlak obsahující pigment C₂₀H₁₂N₂O₄Zn, který prokázal vyšší stupeň ochrany než všechny ostatní studované organické povlaky.
- Systémy na bázi epoxysterové pryskyřice nejlépe odolávaly vlivu atmosféry s obsahem SO₂.

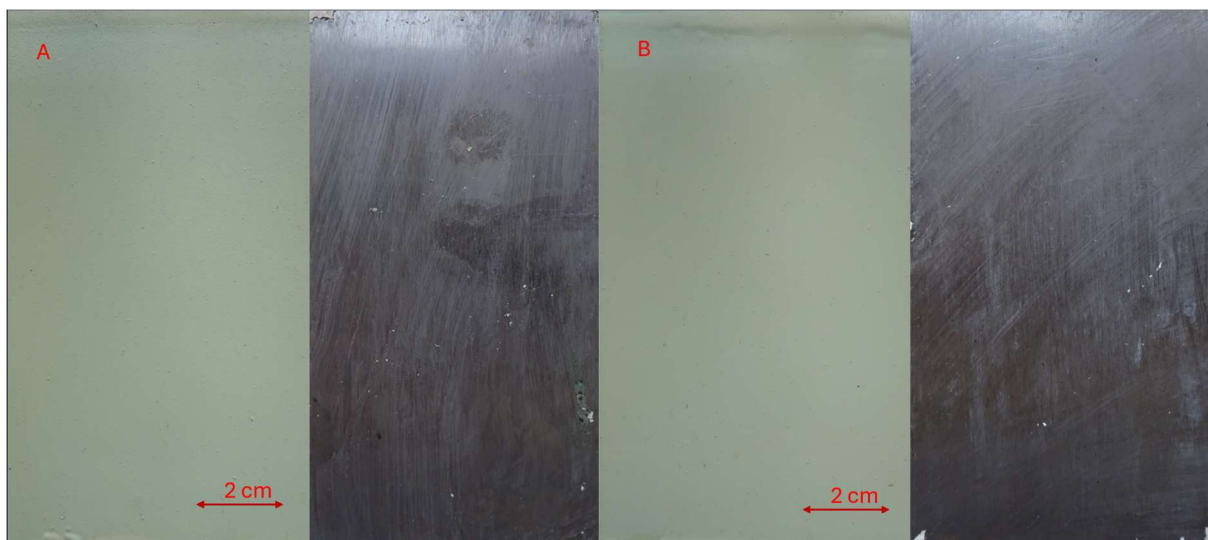
4.4.2. Diskuse k výsledkům korozní zkoušky v atmosféře s povšechnou

kondenzací

Na ocelových panelech s organickým povlakem o DFT = 95 ± 5 μm byly hodnoceny korozní změny vlivem působení prostředí atmosféry s povšechnou kondenzací. Korozní působení bylo hodnoceno vždy po pěti dnech (120 hodinách) a ukončeno bylo po 1200 hodinách. V průběhu bylo hodnoceno množství puchýřů v ploše (tabulka 41 - 46).

Z organických povlaků na bázi epoxysterových pryskyřic obsahujících pigment obsahující hořčnatý iont prokázal nejvyšší odolnost organický povlak obsahující pigment C₁₆H₂₉N₁O₄Mg a hodnotě OKP 1 %, velikost a četnost puchýřů po 1200 hodinách dosáhla hodnoty 8M. Organický povlak prokázal vyšší stupeň antikorozi ochrany než organický povlak obsahující anorganický pigment MgO a podobný stupeň ochrany jako organické povlaky obsahující pigmenty CaSiO₃ a TiO₂. U organického povlaku pigmentovaného C₂₀H₁₂N₂O₄Mg došlo již po 120 hodinách ke vzniku „vrásnění“ v povlaku, které však neovlivnilo antikorozi odolnost povlaku. Po odstranění organického povlaku vykazovaly vzorky, na nichž byly naneseny organické povlaky obsahující organické hořčnaté pigmenty minimální znaky podkorodování.

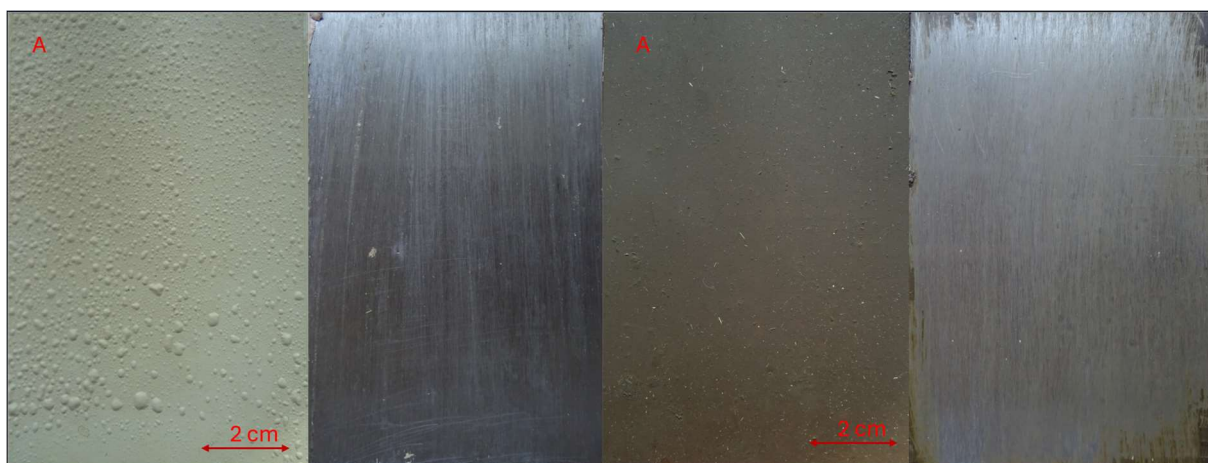
Z organických povlaků na bázi epoxysterové pryskyřice obsahujících zinečnatý iont prokázal nejvyšší odolnost organický povlak obsahující pigment C₁₆H₂₉N₁O₄Zn při hodnotě OKP 1 %, velikost a četnost puchýřů po 1200 hodinách dosáhla hodnoty 8F. Povlak prokázal vyšší antikorozi účinnost než jakýkoliv jiný pigmentovaný povlak s hodnotou OKP 1 %. U organického povlaku pigmentovaném C₂₀H₁₂N₂O₄Zn došlo již po 120 hodinách ke vzniku „brázd“ v povlaku, tento povlak prokázal nejnižší míru antikorozi odolnosti.



Obrázek 29. Fotografie vybraných povlaků na bázi epoxyesterové pryskyřice a ocelových panelů po jejich odstranění nejvyšší antikorozi odolností po 1200 hodinách v atmosféře s povšechnou kondenzací pigmentované A) $C_{16}H_{29}N_1O_4Mg$ o OKP 1 %, B) $C_{16}H_{29}N_1O_4Zn$ o OKP 1 %

Z organických povlaků na bázi alkydové pryskyřice obsahujících pigment obsahujících hořečnatý iont prokázal nejvyšší odolnost organický povlak pigmentovaný $C_{16}H_{29}N_1O_4Mg$ o hodnotě OKP 10 %, velikost a četnost puchýřů po 1200 hodinách dosáhla hodnoty 8D. Organický povlak prokázal vyšší stupeň antikorozi ochrany než organický pigment obsahující anorganický pigment MgO , $CaSiO_3$ a TiO_2 . Hodnota podkorodování byla 0,1 %. U organického povlaku obsahující pigmentu $C_{20}H_{12}N_2O_4Mg$ došlo již po 120 hodinách ke vzniku „brázd“ v povlaku.

Z organických povlaků na bázi alkydové pryskyřice obsahujících pigment obsahující zinečnatý iont nejvyšší odolnost prokázal organický povlak obsahující pigment $C_{20}H_{12}N_2O_4Zn$ při hodnotě OKP 10 %, velikost a četnost puchýřů po 1200 hodinách dosáhla hodnoty 8F. Povlak prokázal nejvyšší antikorozi účinnost ze všech testovaných pigmentovaných povlaků.

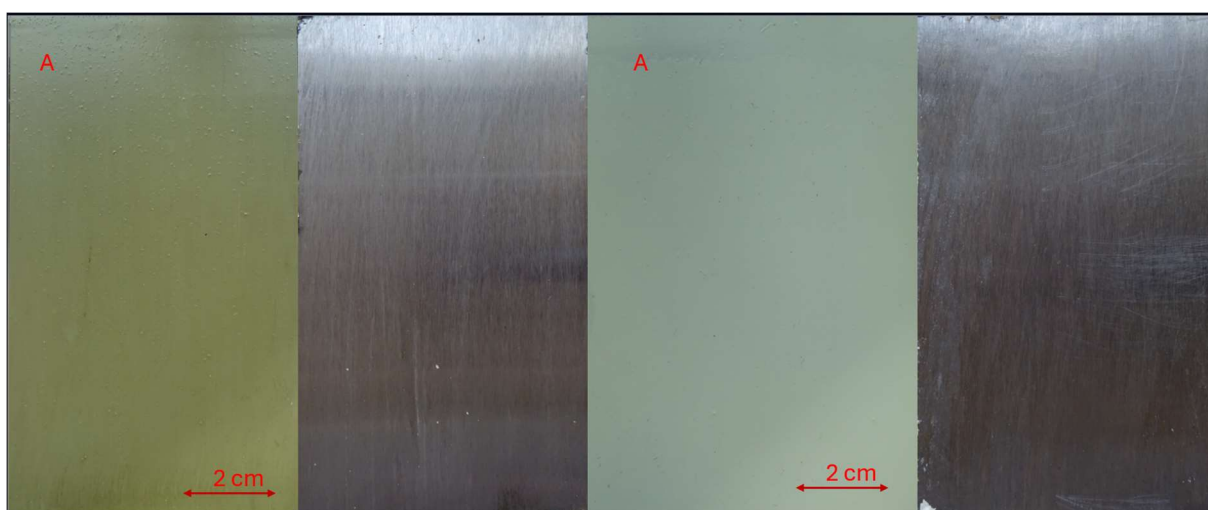


Obrázek 30. Fotografie vybraných povlaků na bázi alkydové pryskyřice a ocelových panelů po jejich odstranění s nejvyšší antikorozi odolností po 1200 hodinách v atmosféře s povšechnou kondenzací pigmentovaných A) $C_{16}H_{29}N_1O_4Mg$ o OKP 10 %, B) $C_{20}H_{12}N_2O_4Zn$ o OKP 10 %

Z organických povlaků na bázi epoxyesterové pryskyřice obsahujících pigment obsahující hořečnatý iont, prokázaly organické povlaky pigmentované $C_{16}H_{29}N_1O_4Mg$ a

$C_{20}H_{12}N_2O_4Mg$ o hodnotě OKP 10 % stejnou odolnost vůči vlivu povšechné kondenzace, velikost a četnost puchýřů po 1200 hodinách dosáhla hodnoty 8MD a stupeň podkorodování 0,01 %. Organické povlaky pigmentované anorganickými pigmenty prokázaly vyšší odolnost vůči vlivu povšechné kondenzace než organické povlaky pigmentované organickými hořečnatými pigmenty.

Z organických povlaků na bázi epoxidové pryskyřice obsahujících pigment obsahující zinečnatý iont prokázal nejvyšší odolnost organický povlak obsahující pigment $C_{12}H_{21}N_1O_4Zn$ a hodnotě OKP 10 %, na tomto povlaku se nevyskytly žádné puchýře. Na organických povlacích obsahujících pigmenty $C_{16}H_{29}N_1O_4Zn$ a $C_{20}H_{12}N_2O_4Zn$ byly nalezeny puchýře stupně 8F. U všech organických povlaků obsahujících zinečnaté pigmenty byl stupeň podkorodování 0,01 %. Organický povlak obsahující pigment $C_{12}H_{21}N_1O_4Zn$ vykázal vyšší antikoroziční účinnost než organické povlaky obsahující anorganické pigmenty $CaSiO_3$ a TiO_2 .



Obrázek 31. Fotografie vybraných povlaků na bázi epoxidových pryskyřic a ocelových panelů po jejich odstranění s nejvyšší antikoroziční odolností po 1200 hodinách v atmosféře s povšechnou kondenzací pigmentovaných A) $C_{20}H_{12}N_2O_4Mg$ o OKP 10 %, B) $C_{12}H_{21}N_1O_4Zn$ o OKP 10 %

Závěry z hodnocení korozní odolnosti organických povlaků v atmosféře s povšechnou kondenzací

- U organických povlaků na bázi epoxyesterových pryskyřic obsahujících organický pigment nebyl sledován vliv velikosti hodnoty OKP na antikoroziční schopnosti.
- U organických povlaků na bázi epoxyesterových pryskyřic pigmentovaných pigmenty obsahujících v molekule beta-naftol byl pozorován vznik „brázd“.
- Systémy na bázi epoxidů nejlépe odolávaly vlivu atmosféry s povšechnou kondenzací.

4.4.3. Diskuse k výsledkům korozní zkoušky ve směsné atmosféře vlivem QUV/ solného elektrolytu/ teploty pod bodem mrazu

Na ocelových panelech s organickým povlakem o $DFT = 95 \pm 5 \mu m$ byly hodnoceny korozní změny vlivem působení prostředí QUV/ solného elektrolytu/ teploty pod bodem mrazu. Korozní působení bylo hodnoceno vždy po pěti dnech (120 hodinách) a ukončeno bylo po 1080 hodinách u organických povlaků s pojivem epoxyesterovou pryskyřicí a po 720 hodinách u

povlaků s alkydovou a epoxidovou pryskyřicí. V průběhu bylo hodnoceno množství puchýřů v ploše a v řezu a koroze v ploše a v řezu (tabulka 47 - 52).

Z organických povlaků na bázi epoxyesterových pryskyřic obsahujících pigmenty obsahující hořečnatý iont prokázal nejvyšší odolnost organický povlak obsahující pigment $C_{20}H_{12}N_2O_4Mg$, u povlaku s hodnotou OKP 1 % byla pozorována nejnižší četnost puchýřků v řezu (4M), ale nejvyšší míra koroze v místě řezu (stupeň 4b), u povlaku s hodnotou OKP 10 % byla míra koroze v místě řezu nejnižší (stupeň 1). Pigment prokázal větší stupeň antikorozní účinnosti než organický povlak obsahující anorganický pigment MgO .

Z organických povlaků na bázi epoxyesterové pryskyřice obsahujících pigment obsahující zinečnatý iont prokázal nejvyšší antikorozní odolnost organický povlak pigmentovaný $C_{12}H_{21}N_1O_4Zn$ a hodnotě OKP 1 %, četnost puchýřů na tomto povlaku byla 6F a koroze v řezu byla hodnocena stupněm 2. Tento povlak odolával vzniku puchýřů lépe než povlaky pigmentované anorganickými pigmenty a měl i nižší stupeň podkorodování v místě řezu.



Obrázek 32. Fotografie vybraných povlaků na bázi epoxyesterových pryskyřic a ocelových panelů po jejich odstranění s nejvyšší antikorozní odolností po 1080 hodinách ve směsné atmosféře pigmentovaných A) $C_{20}H_{12}N_2O_4Mg$ o OKP 10 %, B) $C_{12}H_{21}N_1O_4Zn$ o OKP 1 %

Z organických povlaků na bázi alkydové pryskyřice obsahujících pigment obsahující hořečnatý iont prokázal nejvyšší antikorozní odolnost organický povlak obsahující pigment $C_{20}H_{12}N_2O_4Mg$ o hodnotě OKP 10 %. V ploše organického povlaku se po 720 hodinách nevyskytly žádné puchýře ani koroze a koroze v řezu byla 33 %. Po odstranění povlaku byla koroze v řezu hodnocena stupněm 1, tento povlak prokázal největší antikorozní účinnost ze všech testovaných pigmentovaných povlaků na bázi alkydové pryskyřice.

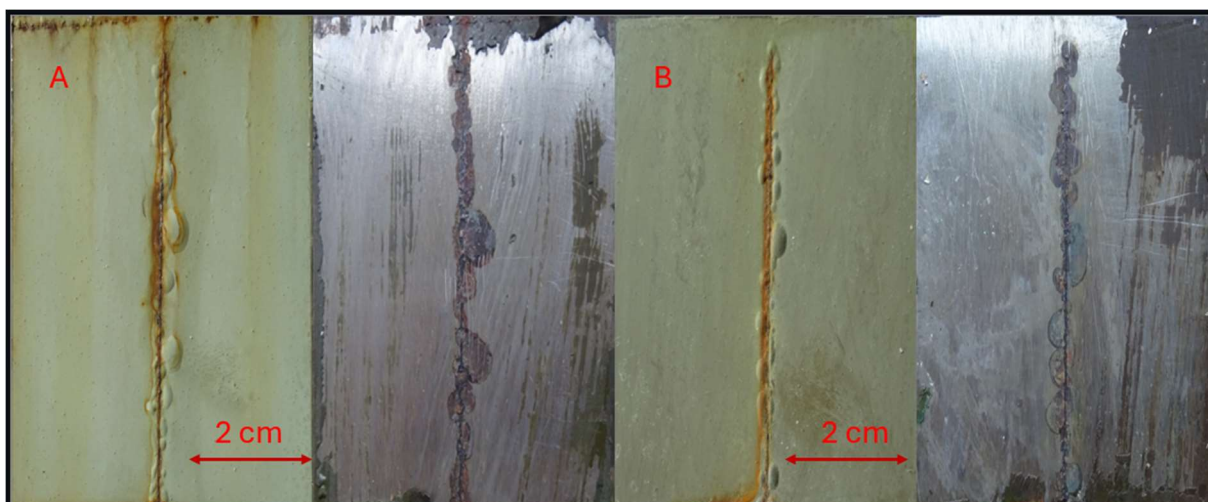
Z organických povlaků na bázi alkydové pryskyřice obsahujících pigment obsahující zinečnatý iont prokázal nejvyšší antikorozní odolnost organický povlak obsahující pigment $C_{20}H_{12}N_2O_4Zn$ o hodnotě OKP 10 %. V ploše organického povlaku se po 720 hodinách nevyskytly žádné puchýře ani koroze a koroze v řezu byla 50 %. U organického povlaku obsahující pigment $C_{16}H_{29}N_1O_4Zn$ byla koroze v řezu pouze 33 %, avšak po odstranění povlaku byla koroze v řezu hodnocena stupněm 5, zatímco u organického povlaku pigmentovaném $C_{20}H_{12}N_2O_4Zn$ byla koroze v řezu hodnocena stupněm 3b. Organický povlak vykázal větší antikorozní ochranu než všechny testované organické povlaky obsahující anorganické antikorozní pigmenty.



Obrázek 33. Fotografie vybraných povlaků na bázi alkydových pryskyřic a ocelových panelů po jejich odstranění s nejvyšší antikorozií odolností po 720 hodinách ve směsné atmosféře pigmentovaných A) $C_{20}H_{12}N_2O_4Mg$ o OKP 10 %, B) $C_{20}H_{12}N_2O_4Zn$ o OKP 10 %

Z organických povlaků na bázi epoxidové pryskyřice obsahujících pigment obsahující hořečnatý iont prokázal nejvyšší odolnost organický povlak pigmentovaný $C_{20}H_{12}N_2O_4Mg$ o hodnotě OKP 10 %. V ploše organického povlaku se po 720 hodinách nevyskytly žádné puchýře, koroze v ploše byla 3 %, v řezu byly puchýře hodnoceny stupněm 2M, koroze v řezu byla 50 %. Po odstranění povlaku byla koroze v řezu hodnocena stupněm 1. Četností puchýřů byl tento organický povlak horší než organické povlaky obsahující anorganické pigmenty, avšak vykázal nejnižší míru podkorodování ze všech testovaných organických povlaků na bázi epoxidové pryskyřice.

Z organických povlaků na bázi epoxidové pryskyřice obsahujících pigment obsahující zinečnatý iont prokázal nejvyšší odolnost organický povlak obsahující pigment $C_{20}H_{12}N_2O_4Zn$ o hodnotě OKP 10 %. V ploše organického povlaku se po 720 hodinách neobjevily žádné puchýře ani koroze, v řezu byly puchýře hodnoceny stupněm 4M a koroze v řezu se projevila z 50 %. Po stažení organického povlaku byla koroze v místě řezu hodnocena stupněm 3b. Organický povlak prokázal vyšší ochranu proti vzniku puchýřů než organický povlak pigmentovaný $CaSiO_3$. Míru podkorodování prokázal nižší než organické povlaky pigmentované anorganickými pigmenty ZnO , $CaSiO_3$, a TiO_2 .



Obrázek 34. Fotografie vybraných povlaků na bázi epoxidových pryskyřic a ocelových panelů po jejich odstranění s nejvyšší antikorozií odolností po 720 hodinách ve směsné atmosféře. A) $C_{20}H_{12}N_2O_4Mg$ o OKP 10 %, B) $C_{20}H_{12}N_2O_4Zn$ o OKP 10 %

Závěry z hodnocení korozní odolnosti organických povlaků ve směsné atmosféře

- U organických povlaků na bázi epoxysterové pryskyřice došlo již po 120 hodinách v QUV komoře ke vzniku vrásnění, které však téměř neovlivnilo antikorozií vlastnosti nátěrů.
- Organické povlaky na bázi epoxysterové pryskyřice odolávaly směsným podmínkám podstatně lépe než organické povlaky na bázi alkydové a epoxidové pryskyřice.
- U organických povlaků pigmentovaných $C_{20}H_{12}N_2O_4Mg$ byla zaznamenána zvyšující se antikorozií odolnost se zvyšující se hodnotou OKP, u ostatních pigmentovaných organických povlaků nikoliv.

4.5. Nepřímé korozní zkoušky

4.5.1. Diskuse k výsledkům elektrické lineární polarizace

Vzorky pro měření elektrické lineární polarizace byly vybrány dle výsledků korozních testů ve směsné atmosféře. Byly vybrány dva vzorky pigmentované organickými pigmenty z každého pojivového systému, které nejlépe odolávaly vlivu korozního prostředí. Měření probíhalo na ocelových panelech třídy QD 24, které byly vystaveny po dobu 8 hodin působení 1M roztoku vodného elektrolytu a následně u nich byly měřeny polarizační křivky. Na základě výsledků polarizačních křivek byly stanoveny hodnoty polarizačních odporů a vypočítány korozní rychlosti jednotlivých nátěrových filmů. Získané hodnoty jsou uvedeny v tabulce 53.

Z výsledků měření lineární polarizace je patrné, že nejvyšších hodnot polarizačních odporů a zároveň nejnižších hodnot korozních rychlostí dosáhly organické povlaky na bázi epoxidové pryskyřice s obsahem pigmentu $C_{20}H_{12}N_2O_4Mg$ a $C_{20}H_{12}N_2O_4Zn$ při hodnotách OKP = 10 %, kdy nejvyšší hodnoty polarizačního odporu ($6,15 \times 10^9$) dosáhl organický povlak s pigmentem $C_{20}H_{12}N_2O_4Mg$ při hodnotě OKP = 10 %. O jeden řád nižších hodnot polarizačních odporů dosáhly organické povlaky na bázi epoxysterové pryskyřice s obsahem těchto pigmentů opět organický pigment s obsahem hořčíku dosáhl vyšší hodnoty polarizačního odporu ($8,31 \times 10^8$) v porovnání s organickým pigmentem obsahujícím zinek ($1,03 \times 10^8$).

Nejnižší hodnoty polarizačního odporu byly stanoveny pro systémy na bázi alkydové pryskyřice, které dosáhly o jeden řád nižších hodnot v porovnání se systémy na bázi epoxyesterové pryskyřice a o dva řády nižších hodnot polarizačních odporů při porovnání se systémy na bázi epoxidové pryskyřice. I pro systémy na bázi alkydové pryskyřice platí závěr, že organický pigment s hořčíkem dosáhl vyšší hodnoty polarizačního odporu v porovnání s organickým pigmentem obsahujícím zinek.

Závěry z výsledků měření elektrické lineární polarizace

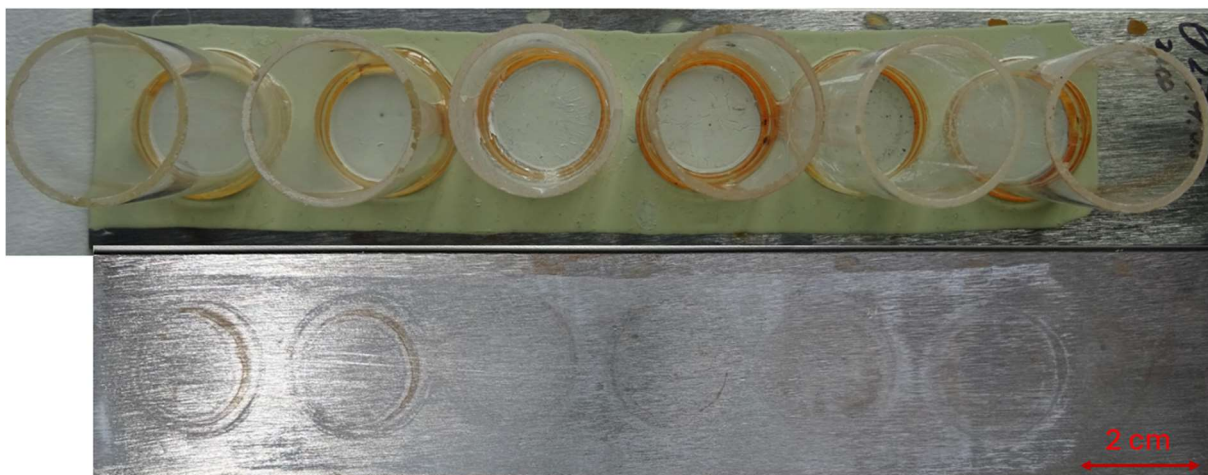
- Organické povlaky pigmentované pigmenty obsahující hořečnatý iont dosáhly při měření lineární polarizace vyšších hodnot polarizačního odporu než organické povlaky pigmentované pigmenty obsahujícími zinečnatý iont.

4.5.2. Diskuse k výsledkům odolnosti nátěrového filmu vůči působení vodného roztoku elektrolytu v závislosti na pH

Organické povlaky o DFT = 35 ± 5 μm aplikované na ocelové panely třídy DC01 byly podrobeny působení vodného roztoku elektrolytu v závislosti na pH. Na začátku byly na nátěrové filmy nalepeny skleněné válečky pomocí epoxyesterové pryskyřice. Na každý ocelový panel bylo nalepeno 6 válečků a do každého válečku bylo nalito malé množství pufru o pH = 2, 4, 6, 8, 10 a 12. Roztoky pufrů byly ve válečcích nechány po dobu 5 dní, poté byly pufrы vylity a válečky vymyty destilovanou vodou. Následující dva dny byly válečky ponechány prázdné, aby se k nátěrovému filmu mohl dostat kyslík. Každý sedmý den probíhalo hodnocení míry koroze a osmotických puchýřků uvnitř jednotlivých válečků. Organické povlaky byly vystaveny působení pufrů po dobu 720 hodin. Po 720 hodinách byly nátěrové filmy staženy a byla hodnocena míra podkorodování ocelového panelu pod každým válečkem. Výsledky měření jsou zaznamenány v tabulkách 54 - 59.

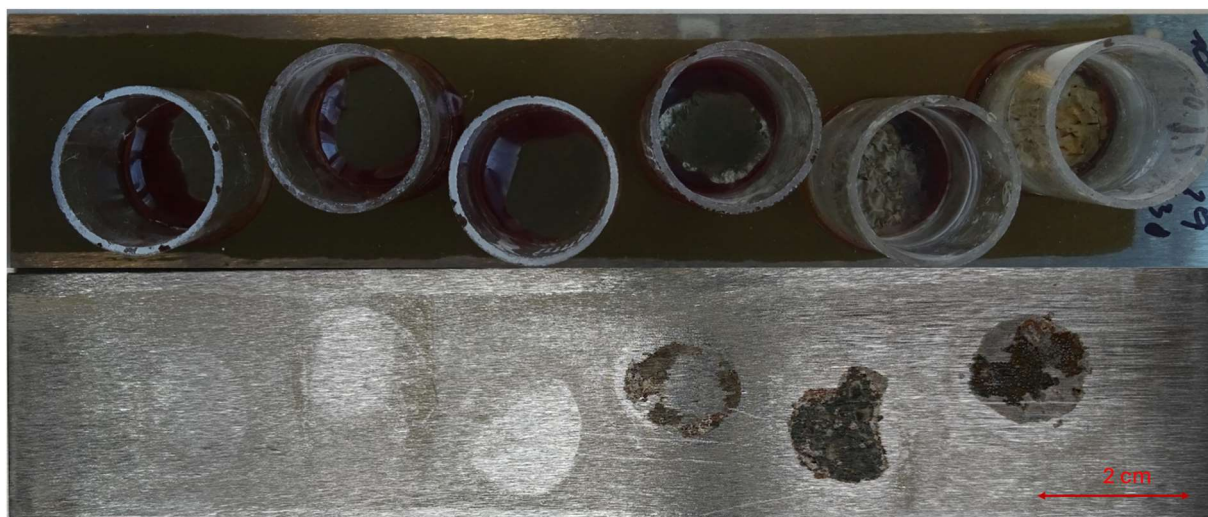
U organických povlaků na bázi epoxyesterové pryskyřice pigmentovaných organickými pigmenty vykazoval po prvních sedmi dnech změny pouze povlak obsahující pigment $\text{C}_{20}\text{H}_{12}\text{N}_2\text{O}_4\text{Mg}$ o hodnotě OKP 10 %, u kterého došlo ke změně barvy. Ke vzniku puchýřků v ploše došlo u organických pigmentů po 21 dnech ve válečcích obsahujících pufrы o pH 2. Čtvrtý týden se začaly objevovat i puchýřky ve válečku obsahující pufr o pH 4. Ke vzniku puchýřků ve válečcích obsahujících pufrы o pH 6, 8, 10 a 12 došlo ke vzniku puchýřků po pěti týdnech.

Při hodnocení po šesti týdnech a stažení organického povlaku byl vyhodnocen povlak pigmentovaný $\text{C}_{20}\text{H}_{12}\text{N}_2\text{O}_4\text{Mg}$ o hodnotě OKP 1 % jako nejlépe odolávající povlak pigmentovaný organickými hořečnatými pigmenty. U povlaku došlo k výskytu puchýřků stupně 8F u všech hodnot pH pufru a nejvyšší pozorované podkorodování bylo 0,03 % u pufru o pH 2. Z povlaků pigmentovaných organickými zinečnatými pigmenty nejlépe odolával povlak pigmentovaný $\text{C}_{16}\text{H}_{29}\text{N}_1\text{O}_4\text{Zn}$ o hodnotě OKP 1 %. Četnost puchýřků nalezená na povlaku byla hodnocena stupněm 8F a míra podkorodování byla u pH 2-8 0,03 %, u pH 10 a 12 0,1 %.



Obrázek 35. Fotografie vybraného organického povlaku na bázi epoxysterové pryskyřice obsahující pigment $C_{20}H_{12}N_2O_4Mg$ po 720 hodinách působení pufrů a fotografie ocelového panelu po stažení povlaku

U organických povlaků na bázi alkydové pryskyřice pigmentovaných organickými pigmenty vykazoval po prvních sedmi dnech největší změny organický povlak obsahující pigment $C_{20}H_{12}N_2O_4Mg$, v oblasti pH 2 došlo ke vzniku velkého puchýře přes celou pozorovanou plochu a ve zbytku pozorovaných míst ke vzniku puchýřů hodnocených stupněm 8M. Z organických povlaků obsahujících zinečnaté organické pigmenty byly největší korozní změny pozorovatelné na organickém povlaku obsahující pigment $C_{16}H_{29}N_1O_4Zn$. U pufrů o hodnotě pH 2-10 byly pozorovány puchýře o četnosti 8MD a u pH 12 6D. Po šesti týdnech měření z organických povlaků obsahujících hořečnaté organické pigmenty nejlépe odolával pigment $C_{16}H_{29}N_1O_4Mg$, u puchýřů byla pozorována četnost 8M a po odstranění povlaku bylo hodnoceno podkorodování 0,03 % až na pH o hodnotě 12, kde došlo k podkorodování 33 %. Z organických povlaků obsahujících zinečnaté organické pigmenty vzniku puchýřů nejlépe odolával organický povlak obsahující pigment $C_{12}H_{21}N_1O_4Zn$. Podkorodování nejlépe odolával organický povlak obsahující pigment $C_{20}H_{12}N_2O_4Zn$.



Obrázek 36. Fotografie vybraného organického povlaku na bázi alkydové pryskyřice obsahující pigment $C_{20}H_{12}N_2O_4Mg$ po 720 hodinách působení pufrů a fotografie ocelového panelu po stažení povlaku

U organických povlaků na bázi epoxidových pryskyřic pigmentovaných organickými pigmenty byl pozorován vznik puchýřů čtvrtý týden měření. Do této doby byla pozorována pouze barevná změna povlaku obsahující pigment $C_{20}H_{12}N_2O_4Mg$, ke které došlo druhý týden měření. U organických pigmentů obsahujících pigment obsahující hořečnatý iont byla četnost puchýřů hodnocena stupněm 8F. Do ukončení měření šestý týden nebyl pozorován nárůst v četnosti puchýřů. U organických povlaků obsahujících zinečnaté organické pigmenty byl pozorován vznik puchýřů čtvrtý týden měření. U organického povlaku obsahující pigment $C_{20}H_{12}N_2O_4Zn$ nedošlo do ukončení měření ke zvýšení četnosti puchýřů. U organického povlaku obsahujícího pigment $C_{16}H_{29}N_1O_4Zn$ došlo ke zvýšení četnosti puchýřů u hodnot pH 4 a 12 na stupeň 8D. U organického povlaku obsahující pigment $C_{12}H_{21}N_1O_4Zn$ došlo ke zvýšení četnosti puchýřů v prostředí pH 4 na stupeň 8D.



Obrázek 37. Fotografie vybraného organického povlaku na bázi epoxidové pryskyřice obsahující pigment $C_{20}H_{12}N_2O_4Mg$ po 720 hodinách působení pufrů a fotografie ocelového panelu po stažení povlaku

Závěry z hodnocení odolnosti nátěrového filmu vůči působení vodného roztoku elektrolytu v závislosti na pH

- U organických povlaků na bázi epoxyesterových pryskyřic obsahujících hořečnaté organické pigmenty byla pozorována klesající antikoroziční odolnost se zvyšujícím se číslem OKP, tyto povlaky podléhaly vzniku puchýřů v zásadité oblasti pH. Organické povlaky obsahující hořečnaté pigmenty o hodnotě OKP 1 % prokázaly vyšší antikoroziční účinnost než organické povlaky obsahující anorganický MgO o hodnotě OKP 1 %.
- U organických povlaků obsahujících zinečnaté organické pigmenty byla pozorována klesající antikoroziční odolnost se zvyšujícím se číslem OKP. Organické povlaky obsahující zinečnaté organické pigmenty prokázaly srovnatelnou antikoroziční účinnost jako organické povlaky obsahující anorganické pigmenty ZnO a $Zn_3(PO_4)_2$.
- U organických povlaků na bázi alkydové pryskyřice obsahujících hořečnaté organické pigmenty byla pozorována ztráta antikoroziční odolnosti v kyselé oblasti pH. Organické povlaky prokázaly vyšší antikoroziční účinnost než

organické povlaky obsahující anorganický pigment MgO a v zásadité oblasti pH vyšší antikoroziční účinnost než organické povlaky obsahující CaSiO₃, a TiO₂.

- U organických povlaků obsahujících zinečnaté organické pigmenty byla pozorována ztráta antikoroziční odolnosti v zásadité oblasti pH. Organické povlaky prokázaly vyšší antikoroziční odolnost než organické povlaky obsahující anorganické pigmenty ZnO, Zn₃(PO₄)₂, CaSiO₃, a TiO₂.
- U organických povlaků na bázi epoxidové pryskyřice obsahujících hořečnaté organické pigmentů byla pozorována vyšší antikoroziční odolnost než u organických povlaků obsahujících anorganický pigment MgO a srovnatelnou antikoroziční odolnost u organických povlaků pigmentovaných CaSiO₃, a TiO₂.
- Po ukončení měření bylo vyhodnoceno, že nejlépe odolávaly vodným roztokům elektrolytu systémy obsahující epoxydovou pryskyřici.

4.5.3. Diskuse k vyhodnocení pH, měrné elektrické vodivosti a hmotnostních korozních úbytků z nátěrových filmů

Byly připraveny desetiprocentní výluhy z pigmentovaných filmů, jejichž hodnoty pH, měrné elektrické vodivosti a hmotnostních úbytků jsou uvedeny v tabulkách 60 – 62.

Hodnoty pH a měrné elektrické vodivosti byly pravidelně měřeny každý sedmý den po dobu devětadvaceti dní. pH povlaků na bázi epoxyesterových pryskyřic pigmentovaných organickými pigmenty se pohybovalo v hodnotách 5,14 – 8,20. Nejnižší naměřená hodnota pH byla u povlaku obsahující C₁₆H₂₉N₁O₄Zn o hodnotě OKP 1 %, nejvyšší u povlaku obsahující C₂₀H₁₂N₂O₄Mg o hodnotě OKP 10 %. U povlaků obsahujících pigmenty C₁₆H₂₉N₁O₄Mg, C₁₆H₂₉N₁O₄Zn a C₂₀H₁₂N₂O₄Zn byl pozorován nárůst hodnoty pH v závislosti na hodnotě OKP. Hodnoty měrné elektrické vodivosti se u povlaků pohybovaly v rozmezí 13 – 146 μS·cm⁻¹, nejnižší hodnota byla naměřena u povlaku obsahujícím C₁₂H₂₁N₁O₄Zn o hodnotě OKP 1 %, nejvyšší u povlaku obsahujícím C₂₀H₁₂N₂O₄Mg o hodnotě OKP 10 %. U povlaků obsahujících pigmenty C₂₀H₁₂N₂O₄Mg a C₂₀H₁₂N₂O₄Zn byla pozorován nárůst měrné elektrické závislosti v závislost na hodnotě OKP. Při měření korozních úbytků organických pigmentů vykázal nejvyšší míru ochrany povlak obsahující pigment C₁₆H₂₉N₁O₄Mg o hodnotě OKP 10 %, hodnota korozního úbytku byla 1,395 g·m⁻², což je 41,2 % oproti destilované vodě. Nejnižší míru ochrany prokázal povlak obsahující C₂₀H₁₂N₂O₄Mg o hodnotě OPK 5 %, hodnota korozních úbytků byla 4,090 g·m⁻², což je 120,9 % oproti destilované vodě. U povlaků obsahujících pigment C₁₂H₂₁N₁O₄Zn byl pozorován nárůst množství korozních úbytků v závislosti na hodnotě OKP.

pH povlaků na bázi alkydové pryskyřice pigmentovaných organickými pigmenty se pohybovalo v hodnotách 5,03 – 7,80. Nejnižší naměřená hodnota pH byla u povlaku obsahující C₁₆H₂₉N₁O₄Mg o hodnotě OKP 10 %, nejvyšší u povlaku obsahující C₂₀H₁₂N₂O₄Mg o hodnotě OKP 10 %. Hodnoty měrné elektrické vodivosti se u povlaků pohybovaly v rozmezí 151,2 – 435,5 μS·cm⁻¹, nejnižší hodnota byla naměřena u povlaku obsahujícím C₁₆H₂₉N₁O₄Zn a nejvyšší u povlaku obsahujícím C₁₆H₂₉N₁O₄Zn. Při měření korozních úbytků organických pigmentů vykázal nejvyšší míru ochrany povlak obsahující pigment C₂₀H₁₂N₂O₄Mg o hodnotě OKP 10 %, hodnota korozního úbytku byla 1,562 g·m⁻², což je 46,2 % oproti destilované vodě. Nejnižší míru ochrany prokázal povlak obsahující C₁₆H₂₉N₁O₄Mg o hodnotě OKP 10%, hodnota korozních úbytků byla 1,951 g·m², což je 57,7 % oproti destilované vodě.

pH povlaků na bázi epoxidové pryskyřice pigmentovaných organickými pigmenty se pohybovalo v hodnotách 7,66 – 8,42. Nejnižší naměřená hodnota pH byla u povlaku obsahující $C_{16}H_{29}N_1O_4Zn$ o hodnotě OKP 10 %, nejvyšší u povlaku obsahující $C_{20}H_{12}N_2O_4Mg$ o hodnotě OKP 10 %. Hodnoty měrné elektrické vodivosti se u povlaků pohybovaly v rozmezí 27,6 – 107,7 $\mu S \cdot cm^{-1}$. Při měření korozních úbytků organických pigmentů vykázal nejvyšší míru ochrany povlak obsahující pigment $C_{16}H_{29}N_1O_4Mg$, hodnota korozního úbytku byla 1,949 $g \cdot m^{-2}$, což je 57,6 % oproti destilované vodě. Nejnižší míru ochrany prokázal povlak obsahující 5,886 $g \cdot m^{-2}$, což je 174,0 % oproti destilované vodě.

Závěry z vyhodnocení pH, měrné elektrické vodivosti a hmotnostních korozních úbytků z nátěrových filmů

- Výsledné hodnoty pH povlaků na bázi epoxyesterových pryskyřic byly mírně kyselé až mírně zásadité, výsledné hodnoty pH povlaků na bázi alkydových pryskyřic byly mírně kyselé až neutrální a výsledné hodnoty pH povlaků na bázi epoxidových pryskyřic byly mírně zásadité.
- Nejnižší hodnoty měrné elektrické vodivosti byly naměřeny u systémů na bázi epoxidové pryskyřice, nejvyšší u systémů na bázi alkydové pryskyřice.
- Nejnižší naměřené hodnoty korozních úbytků byly u systémů na bázi alkydové pryskyřice, nejvyšší u systémů na bázi epoxidové pryskyřice.

4.6. Určení stupně korozní agresivity prostředí

Stupeň korozní agresivity prostředí byl odvozen podle normy ISO 12944-2. Stupeň agresivity prostředí byl určen pro organické povlaky exponované v atmosféře s obsahem solného elektrolytu a v atmosféře s povšechnou kondenzací. Byl stanoven stupeň agresivity, pro takové povlaky, u kterých se neobjevily žádné korozní projevy (puchýře v řezu, puchýře v ploše a koroze v ploše). Následně bylo stanoveno prostředí a životnost povlaků v daném prostředí.

U nejodolnějších organických povlaků na bázi epoxyesterové pryskyřice, $C_{20}H_{12}N_2O_4Mg$ o hodnotě OKP 1 % a $C_{12}H_{21}N_1O_4Zn$ o hodnotě OKP 1 % se neobjevily žádné korozní projevy při cyklické zkoušce v atmosféře s obsahem solného elektrolytu po 480hodinové expozici. Tyto organické povlaky pigmentované organickými pigmenty dosáhly stejné antikorozní účinnosti jako organické povlaky pigmentované $Zn_3(PO_4)_2$ o hodnotě OKP 10 % a ZnO o hodnotě OKP 5 %. Lze tedy pro tyto organické povlaky určit korozní prostředí stupně C3, kde by jejich životnost byla vysoká, nebo stupně C4, kde by jejich životnost byla střední.

U nejodolnějších organických povlaků na bázi alkydové pryskyřice, $C_{20}H_{12}N_2O_4Mg$ o hodnotě OKP 10 %, $C_{16}H_{29}N_1O_4Zn$ o hodnotě OKP 10 % a $C_{20}H_{12}N_2O_4Zn$ o hodnotě OKP 10 % se neobjevily žádné korozní projevy při cyklické zkoušce v atmosféře s obsahem solného elektrolytu po 480hodinové expozici. Tyto organické povlaky pigmentované organickými pigmenty dosáhly stejné antikorozní účinnosti jako organické povlaky pigmentované $Zn_3(PO_4)_2$ o hodnotě OKP 10 % a ZnO o hodnotě OKP 10 %. Lze tedy pro tyto organické povlaky určit korozní prostředí stupně C3, kde by jejich životnost byla vysoká, nebo stupně C4, kde by jejich životnost byla střední.

U nejodolnějších organických povlaků na bázi epoxidové pryskyřice, $C_{20}H_{12}N_2O_4Mg$ o hodnotě OKP 10 % a $C_{20}H_{12}N_2O_4Zn$ o hodnotě OKP 10 % se neobjevily žádné korozní projevy

při cyklické zkoušce v atmosféře s obsahem solného elektrolytu po 480hodinové expozici. Tyto organické povlaky pigmentované organickými pigmenty dosáhly stejné antikorozní účinnosti jako organické povlaky pigmentované $Zn_3(PO_4)_2$ o hodnotě OKP 10 % a ZnO o hodnotě OKP 10 %. Lze tedy pro tyto organické povlaky určit korozní prostředí stupně C3, kde by jejich životnost byla vysoká, nebo stupně C4, kde by jejich životnost byla střední.

4.7. Přínosy diplomové práce

V této diplomové práci byl studován vliv struktury, složení a koncentrace organických pigmentů s obsahem hořečnatého a zinečnatého kationtu na antikorozi a fyzikální vlastnosti organických povlaků na bázi epoxyesterové pryskyřice, alkydové pryskyřice a epoxidové pryskyřice. Byly porovnávány vlastnosti nátěrových hmot s obsahem nově syntetizovaných organických pigmentů, které byly připraveny na Ústav organické chemie a technologie Univerzity Pardubice, na bázi nitroso-beta-naftolu s hořečnatým a zinečnatým kationtem, n-dodecylaspargátu s hořečnatým a zinečnatým kationtem a Oktylaspargátu se zinečnatým kationtem. Pro porovnání byly připraveny nátěrové hmoty s obsahem komerčně dostupných pigmentů, oxidem hořečnatým, fosforečnanem zinečnatým, oxidem zinečnatým, titanovou bělobou rutilového typu a wollastonitem.

Přínosy ze studia vlastností organických a anorganických povlaků

V dané práci byly studovány vlastnosti organických i anorganických pigmentů. Byly připraveny vodné výluhy z filmů, u nichž bylo měřeno pH, měrná elektrická vodivost a následně byly využity pro měření hmotnostních korozních úbytků. Hodnota pH u výluhů z pigmentů $C_{20}H_{12}N_2O_4Mg$, $C_{16}H_{29}N_1O_4Zn$ a $C_{12}H_{21}N_1O_4Zn$ klesala, u výluhů z pigmentů $C_{16}H_{29}N_1O_4Mg$ a $C_{20}H_{12}N_2O_4Zn$ stoupala. Hodnota měrné elektrické vodivosti s časem stoupala u všech pigmentů. Nejnižší hodnota korozního úbytku byla naměřena u pigmentu $C_{20}H_{12}N_2O_4Mg$ ($0,2224 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$), u kterého byl zjištěn nejvyšší obsah vodou rozpustných látek, nejvyšší hodnota korozních úbytků byla zjištěna u pigmentů $C_{16}H_{29}N_1O_4Mg$ a $C_{12}H_{21}N_1O_4Zn$, které vykázaly nejnižší obsah vodou rozpustných látek. U pigmentů byla provedena elementární analýza a byl stanoven obsah kovu v pigmentech pomocí rastrovacího elektronového mikroskopu s energeticky disperzní rentgenová spektroskopii (SEM-EDX). Tvar a velikost částic pigmentu byl zkoumán pomocí rastrovacího elektronového mikroskopu (SEM)

Přínosy ze studia fyzikálně-mechanických vlastností organických povlaků

U nátěrových filmů nanesených na skleněné panely byly hodnoceny fyzikálně – mechanické vlastnosti (stanovení relativní povrchové tvrdosti, hodnocení lesku, hodnocení Buchholzovy vrypové zkoušky a dále byla stanovena chemická odolnost pomocí MEK testu). Měření bylo prováděno v pravidelných intervalech každý sedmý den po dobu 29 dní od nanesení organického povlaku na skleněné panely a následně pak ještě 60. den v případě povlaků na bázi epoxyesterové a epoxidové pryskyřice, v případě alkydové pryskyřice bylo provedeno měření i 4. a 11 den. U všech organických povlaků docházelo s odstupem času ke zvyšování relativní povrchové tvrdosti, snižování průměrných délek vrypů a zvyšování chemické odolnosti vůči působení ethyl(methyl)ketonu. Po 60 dnech dosáhl mezi systémy na bázi epoxyesterové pryskyřice nejvyšší hodnoty relativní povrchové tvrdosti organický povlak pigmentovaný n-dodecylaspargátem hořečnatým (37,5 %), mezi systémy na bázi alkydové pryskyřice dosáhl nejvyšší povrchové tvrdosti oktylaspargát zinečnatý (16,25 %) a mezi systémy na bázi epoxidové pryskyřice oktylaspargát zinečnatý (64,25 %). U všech testovaných povlaků s odstupem času docházelo ke snižování délky vrypu v důsledku postupného vytvrzování pojiva oxypolymeračním mechanismem a ke zvyšování odolnosti vůči vlivu ethyl(methyl)ketonu.

Přínosy z mechanických zkoušek na organických povlacích

Organické povlaky nanosená na ocelových panelech DC01 byly podrobeny i mechanickým zkouškám. Byla provedena zkouška ohybem přes válcovitý trn o průměru 4mm, zkouška hloubením za pomoci Erichsenova přístroje a zkouška úderem pomocí padajícího 1000g závaží z výšky 1 m.

Nátěrové filmy obsahující epoxyesterovou pryskyřici vykazovaly maximální odolnost vůči mechanickému namáhání. Veškeré organické povlaky odolaly ohybu přes 4mm válcovitý trn, odolaly vtlačení ocelové kuličky do hloubky 10 mm za pomoci Erichsenova přístroje i vůči úderu 1000 g závažím z výšky 100 cm.

Nátěrové filmy obsahující alkydovou pryskyřici vykazovaly maximální odolnost vůči ohybu přes 4mm trn a vůči úderu 1000 g závažím z výšky 100 cm. Hloubení ocelové kuličky odolaly pouze povlaky pigmentované $C_{12}H_{21}N_1O_4Zn$ a $C_{16}H_{29}N_1O_4Zn$. Nejnižší odolnost vůči hloubení byla naměřena u pigmentu $C_{20}H_{12}N_2O_4Zn$ (8,53 mm).

Nátěrové filmy obsahující epoxidovou pryskyřici vykazovaly velmi malou mechanickou odolnost. Nejvyšší odolnost vůči hloubení prokázal organický povlak pigmentovaný $C_{20}H_{12}N_2O_4Mg$ (8,05 mm), nejnižší organický povlak pigmentovaný $C_{16}H_{29}N_1O_4Zn$ (2,64 mm). Nejvyšší odolnost vůči ohybu prokázaly povlaky pigmentované $C_{20}H_{12}N_2O_4Mg$ a $C_{12}H_{21}N_1O_4Zn$ (16 mm), nejnižší odolnost vykazovaly povlaky pigmentované $C_{16}H_{29}N_1O_4Zn$ a $C_{16}H_{29}N_1O_4Mg$ (25 mm). Nejvyšší odolnost vůči padajícímu 1000g závaží z výšky 1 m prokázal povlak pigmentovaný $C_{20}H_{12}N_2O_4Mg$ (20 cm), zbylé povlaky nevydržely dopad závaží z výšky 5 cm.

Stanovení přilnavosti nátěrového filmu bylo provedeno na ocelových panelech po ukončení korozních zkoušek, DC01 panelech a na skleněných deskách. Z povlaků obsahujících epoxydovou pryskyřici vykazovaly nejvyšší přilnavost povlaky pigmentované $C_{20}H_{12}N_2O_4Zn$, nejnižší přilnavost povlaky pigmentované $C_{16}H_{29}N_1O_4Mg$. Z povlaků obsahujících alkydovou pryskyřici vykazovaly nejvyšší přilnavost povlaky pigmentované $C_{20}H_{12}N_2O_4Zn$, nejnižší přilnavost povlaky pigmentované $C_{16}H_{29}N_1O_4Mg$. Z povlaků obsahujících epoxidovou pryskyřici vykazovaly nejvyšší přilnavost povlaky pigmentované $C_{20}H_{12}N_2O_4Zn$, nejnižší přilnavost povlaky pigmentované $C_{16}H_{29}N_1O_4Mg$.

Přínosy ze studia antikoročních vlastností organických povlaků pomocí zrychlených korozních zkoušek

Organické povlaky byly exponovány v atmosféře s obsahem SO_2 , atmosféře s povšechnou kondenzací a ve směsné atmosféře.

Po 1200 hodinách v atmosféře s obsahem SO_2 z povlaků na bázi epoxyesterové pryskyřice nejlépe odolával povlak pigmentovaný $C_{16}H_{29}N_1O_4Mg$ o hodnotě OKP 1 %, naopak nejnižší antikoroční účinnost předvedl organický povlak pigmentovaný $C_{20}H_{12}N_2O_4Mg$ o hodnotě OKP 5 %. Povlak pigmentovaný $C_{16}H_{29}N_1O_4Mg$ předvedl vyšší antikoroční účinnost než standart MgO . Z povlaků na bázi alkydové pryskyřice nejlépe odolával povlak pigmentovaný $C_{16}H_{29}N_1O_4Zn$ o hodnotě OKP 1 %, naopak nejnižší antikoroční ochranu předvedl organický povlak pigmentovaný $C_{20}H_{12}N_2O_4Zn$ o hodnotě OKP 1 %. Povlak pigmentovaný $C_{16}H_{29}N_1O_4Zn$ předvedl téměř identickou míru antikoroční ochrany jako organické povlaky pigmentované $Zn_3(PO_4)_2$, ZnO , $CaSiO_3$ a TiO_2 . Z organických povlaků na

bázi epoxidové pryskyřice nejlépe odolával povlak pigmentovaný $C_{20}H_{12}N_2O_4Zn$ o hodnotě OKP 10 %, ten vykázal vyšší stupeň ochrany proti vzniku puchýřů v místě řezu než organické povlaky obsahující anorganické pigmenty $Zn_3(PO_4)_2$, ZnO a vyšší stupeň ochrany proti korozi v místě řezu než organické povlaky obsahující pigmenty $CaSiO_3$ a TiO_2 .

Po 1200 hodinách v atmosféře s povšechnou kondenzací z povlaků na bázi epoxyesterové pryskyřice nejlépe odolával povlak pigmentovaný $C_{16}H_{29}N_1O_4Zn$ a hodnotě OKP 1 %. Z povlaků na bázi alkydové pryskyřice nejlépe odolával povlak pigmentovaný $C_{20}H_{12}N_2O_4Zn$ a hodnotě OKP 10 %, tento povlak dosáhl nejlepších antikoročních účinků mezi systémy na bázi alkydové pryskyřice. Z povlaků na bázi epoxidové pryskyřice nejlépe odolával povlak pigmentovaný $C_{12}H_{21}N_1O_4Zn$ a hodnotě OKP 10 %, ten vykázal vyšší antikoroční odolnost než organické povlaky obsahující anorganické pigmenty $CaSiO_3$ a TiO_2 .

Z organických povlaků na bázi epoxyesterové pryskyřice nejlépe odolával vlivu směsné atmosféry organický povlak pigmentovaný $C_{12}H_{21}N_1O_4Zn$ a hodnotě OKP 1 %, tento povlak odolával lépe než všechny anorganické povlaky na bázi epoxyesterové pryskyřice. Z organických povlaků na bázi alkydové pryskyřice nejlépe odolával organický povlak pigmentovaný $C_{20}H_{12}N_2O_4Mg$ o hodnotě OKP 10 %, tento povlak odolával lépe než všechny organické povlaky obsahující anorganické pigmenty. Z organických povlaků na bázi epoxidové pryskyřice nejlépe odolával povlak pigmentovaný $C_{20}H_{12}N_2O_4Zn$ o hodnotě OKP 10 %, organický povlak obsahující tento pigment prokázal lepší antikoroční účinky než organické povlaky obsahující anorganické pigmenty ZnO , $CaSiO_3$, a TiO_2 .

Přínosy ze studia antikoročních vlastností organických povlaků pomocí nepřímých korozních zkoušek

Organické povlaky byly podrobeny i nepřímým korozním zkouškám, elektrochemické lineární polarizaci a odolnosti vůči působení vodného roztoku elektrolytu v závislosti na pH. Nátěrové filmy aplikované na ocelové panely třídy QD 24 byly vystaveny působení 1M roztoku vodného elektrolytu po dobu 8 hodin a následně u nich byly měřeny polarizační křivky. Na základě polarizačních křivek byly stanoveny hodnoty polarizačních odporů a poté vypočítány polarizační křivky.

Organické povlaky aplikované na panely třídy DC01 byly podrobeny působení vodného roztoku elektrolytu v závislosti na pH. Z povlaků na bázi epoxyesterové pryskyřice odolával nejlépe povlak pigmentovaný nitroso-beta-naftolem hořečnatým o hodnotě OKP 10 %, u tohoto organického povlaku pigmentu došlo také k největší barevné změně vlivem pufrů. Z organických povlaků na bázi alkydových pryskyřic odolával nejlépe organický povlak pigmentovaný nitroso-beta-naftolem zinečnatým. Z povlaků na bázi epoxidové pryskyřice odolával nejlépe povlak pigmentovaný nitroso-beta-naftolem hořečnatým.

Přínosy ze stanovení stupně korozní agresivity prostředí

Na závěr práce byl stanoven stupeň agresivity korozního prostředí. Mezi nejodolnější organické povlaky na bázi epoxyesterové pryskyřice pigmentované organickými pigmenty patřili $C_{20}H_{12}N_2O_4Mg$ o hodnotě OKP 1 % a $C_{12}H_{21}N_1O_4Zn$ o hodnotě OKP 1 %, u kterých se neobjevily žádné korozní projevy při cyklické zkoušce v atmosféře s obsahem solného elektrolytu po 480hodinové expozici. Stejně antikoroční odolnosti dosáhly organické povlaky pigmentované anorganickými pigmenty $Zn_3(PO_4)_2$ o hodnotě OKP 10 % a ZnO o hodnotě OKP 5 %. Tyto organické povlaky tedy byly určeny pro korozní prostředí stupně C3, kde by jejich

životnost byla klasifikována jako vysoká, nebo do stupně korozního prostředí C4, kde by jejich životnost byla klasifikována jako střední.

Mezi nejodolnější organické povlaky na bázi alkydové pryskyřice pigmentované organickými pigmenty patřili $C_{20}H_{12}N_2O_4Mg$ o hodnotě OKP 10 %, $C_{16}H_{29}N_1O_4Zn$ o hodnotě OKP 10 % a $C_{20}H_{12}N_2O_4Zn$ o hodnotě OKP 10 %, u kterých se neobjevily žádné korozní projevy při cyklické zkoušce v atmosféře s obsahem solného elektrolytu po 480hodinové expozici. Stejně antikorozi odolnosti dosáhly organické povlaky pigmentované anorganickými pigmenty $Zn_3(PO_4)_2$ o hodnotě OKP 10 % a ZnO o hodnotě OKP 10 %. Tyto organické povlaky tedy byly určeny pro korozní prostředí stupně C3, kde by jejich životnost byla klasifikována jako vysoká, nebo do stupně korozního prostředí C4, kde by jejich životnost byla klasifikována jako střední.

Mezi nejodolnější organické povlaky na bázi epoxidové pryskyřice patřili $C_{20}H_{12}N_2O_4Mg$ o hodnotě OKP 10 % a $C_{20}H_{12}N_2O_4Zn$ o hodnotě OKP 10 %, u kterých se neobjevily žádné korozní projevy při cyklické zkoušce v atmosféře s obsahem solného elektrolytu po 480hodinové expozici. Stejně antikorozi odolnosti dosáhly organické povlaky pigmentované anorganickými pigmenty $Zn_3(PO_4)_2$ o hodnotě OKP 10 % a ZnO o hodnotě OKP 10 %. Tyto organické povlaky tedy byly určeny pro korozní prostředí stupně C3, kde by jejich životnost byla klasifikována jako vysoká, nebo do stupně korozního prostředí C4, kde by jejich životnost byla klasifikována jako střední.

Při dalším výzkumu těchto organických pigmentů bych doporučil zaměřit se na nitroso-beta-naftol hořečnatý, nitroso-beta-naftol zinečnatý, n-dodecylaspargát hořečnatý a n-dodecylaspargát zinečnatý. Při použití těchto pigmentů bych se následně zaměřil na širší oblast hodnot OKP, případně na využití dalších typů rozpouštědlových pojiv. Následně bych otestoval dispergovatelnost a stabilitu těchto pigmentů ve vodou ředitelných pojivech.

5. ZÁVĚR

V této diplomové práci byly zkoumány organické povlaky na bázi epoxyesterové pryskyřice, alkydové pryskyřice a epoxidové pryskyřice s obsahem nově syntetizovaných organických pigmentů, jednalo se o nitroso-beta-naftol zinečnatý, nitroso-beta-naftol hořečnatý, n-dodecylaspargát hořečnatý, n-dodecylaspargát zinečnatý a n-oktylaspargát zinečnatý. Syntetizované pigmenty byly porovnávány s anorganickými pigmenty, jednalo se o oxid hořečnatý, fosforečnan zinečnatý, oxid zinečnatý, titanovou bělobu rutilového typu a křemičitan vápenatý. U organických povlaků byly vyhodnoceny fyzikálně chemické vlastnosti a byla vypočítána kritická objemová koncentrace pigmentu. Také byla provedena jejich elementární analýza a analýza pomocí rentgenové krystalografie, tvar částic byl analyzován pomocí rastrovacího elektronového mikroskopu.

U připravených organických povlaků byly následně hodnoceny fyzikálně – mechanické vlastnosti na ocelových a skleněných panelech, dále antikorozi vlastnosti pomocí zrychlených cyklických zkoušek v různých atmosférách korozního prostředí, také byly testovány vlastnosti nátěrových hmot pomocí nepřímých korozních zkoušek, jako je lineární polarizace a působení vodného roztoku elektrolytu v závislosti na pH.

Z výše uvedených dat vyplývá, že organické povlaky obsahující pigmenty na bázi nitroso-beta-naftolu a n-dodecylaspargátu vykazují v kombinaci s epoxyesterovou pryskyřicí značnou odolnost v rozličných atmosférách. Tyto pigmenty jsou schopny řadou vlastností dosáhnout či předčít vlastností anorganických hořečnatých a zinečnatých pigmentů použitých jako standardy.

POUŽITÁ LITERATURA

- [1] Hrdina R., Machalický O.: Organická barviva: studijní materiály. Univerzita Pardubice, Pardubice 2018.
- [2] Lomax A. Q., Learner T.: A Review of the Classes, Structures, and Methods of Analysis of Synthetic Organic Pigments. *Journal of the American Institute for Conservation* 45 (2006) 107–125
- [3] Lomax A. Q., Learner T.: A Review of the Classes, Structures, and Methods of Analysis of Synthetic Organic Pigments. *Journal of the American Institute for Conservation* 45 (2006) 107–125.
- [4] Synthesis of Organol Brown N (4) from aniline (1) and 1-naphthol (3) (azo coupling) [online]. [cit. 2020-11-10]. Dostupné z: [https://cs.wikipedia.org/wiki/Kopulace_\(chemie\)#/media/Soubor:Synthesis_of_Organol_Brown_N.svg](https://cs.wikipedia.org/wiki/Kopulace_(chemie)#/media/Soubor:Synthesis_of_Organol_Brown_N.svg).
- [5] Hrdina, R.; Burgert, L.; Kalendová, A.; Alafid, A.; Panák, F.; Držková, O.; Kohl, M. Use of Perylenic Acid Salts as Anticorrosive Substances. Czech Republic No. 308991, 29 September 2021.
- [6] Miao, M.; Yuan, X.Y.; Wang, X.G.; Lu, Y.; Liu, J.K. One step self-heating synthesis and their excellent anticorrosion performance of zinc phosphate/benzotriazole composite pigments. *Dye. Pigment.* 2017, 141, 74–82.
- [7] Marzec, A.; Szadkowski, B.; Rogowski, J.; Maniukiewicz, W.; Rybinski, P.; Prochon, M. New Organic/Inorganic Pigments Based on Azo Dye and Aluminum-Magnesium Hydroxycarbonates with Various Mg/Al Ratios. *Materials* 2019, 12, 1349.
- [8] Suzuki, E.M. Infrared spectra of North American automobile original finishes XI: In situ identification of perylene pigments Analysis of Perylene Maroon (C.I. Pigment Red 179) and alumina-based red pearlescent pigments. *Forensic Chem.* 2021, 25, 100351
- [9] Kalendová A., *Technologie nátěrových hmot I: Pigmenty a plniva pro nátěrové hmoty*, Pardubice: Univerzita Pardubice, 2003. ISBN 80-7194-576-5
- [10] Popov B., *Corrosion Engineering: Principles and Solved Problems*. 1. Amsterdam: Elsevier, 2015.
- [11] Esther U., Somers A., Forsyth M., Mecerreyes D. Design of Polymeric Corrosion Inhibitors Based on Ionic Coumarate Groups, *ACS Applied Polymer Materials* 2021 3 (4), 1739-1746
- [12] Roberge P., „Corrosion Inhibitors,“ v *Handbook of Corrosion Engineering*, Martinsburg, McGraw-Hill, 2000, pp. 833-861.
- [13] Palanisamy G., „Corrosion Inhibitors,“ 23 July 2019. [Online]. Available: <https://www.intechopen.com/books/corrosion-inhibitors/corrosion-inhibitors>.
- [14] Synthesis of Organol Brown N (4) from aniline (1) and 1-naphthol (3) (azo coupling) [online]. [cit. 2020-11-10]. Dostupné z:

[https://cs.wikipedia.org/wiki/Kopulace_\(chemie\)#/media/Soubor:Synthesis_of_Organol_Brown_N.svg](https://cs.wikipedia.org/wiki/Kopulace_(chemie)#/media/Soubor:Synthesis_of_Organol_Brown_N.svg).

- [15] Lorenz M., Heinz K., Schündehütte Wolfgang B. Methods for the preparation of azo compounds, and azo compounds. Appl.No.: 83103747.8.
- [16] Allan J. R., Pendlowski M. J., Gerrard D. L., & Bowley H. J. (1987). The thermal, spectral and magnetic studies of chloro and bromo compounds of cobalt (II), nickel (II) and copper (II) with melamine. *Thermochimica acta*, 115, 21-30.
- [17] Kobitsk, A., Yu R., and Zahn D.R.T. 2003. "Theoretical studies of the vibrational properties of the 3,4,9,10,-perylene tetracarboxylic dianhydride (PTCDA) molecule". *Journal of Molecular Structure: THEOCHEM* 625 (1-3): 39-46.
- [18] Smith M. 2009. *High Performance Pigments*. Weinheim: Wiley.
- [19] Nakazawa T., Muto N., Mizuta Y., Kawakami A., Miyamoto E., Tsutsumi M., Ikeda T. and Nagahashi K., *Nippon Kagaku K&hi*, (1992) 1007.
- [20] Malik K., Tokkas J. & Goyal S. 2012. *Microbial Pigments: a Review*. *International J. Microbial Resource Technol.*, 1(4), 361–365.
- [21] Sjostrom E. (2013). *Wood Chemistry: Fundamentals and Applications*. Second Edition. California: Academic Press, Inc.
- [22]] Doménech A., Doménech-Carbó M.T., de Agredos Pascual M.L.V, Chemometric study of maya blue from the voltammetry of microparticles approach, *Anal. Chem.* 79 (7) (2007) 2812–2821.
- [23] New organic dye/anionic clay hybrid pigments: Preparation, optical properties and structural stability. *Dyes and Pigments*. 2019, roč. 2019, č. 162, s. 997-1004.
- [24] . Leitão I.s.M., Seixas de Melo J.S.r, Maya blue, an ancient guest–host pigment: synthesis and models, *J. Chem. Educ.* 90 (11) (2013) 1493–1497.
- [25] Voltrová Z. *Formulace ochranných organických povlaků s vysokým obsahem kovového zinku a hořčíku*. Pardubice, 2018. Diplomová práce. Univerzita Pardubice. Fakulta chemicko-technologická.
- [26] Hirsch M. *Titanium Dioxide: The Misunderstood Pigment* [online]. 27. 5. 2020 [cit. 2020-12-21].
- [27] Trojan M, Kalenda P. a Šolc Z. *Technologie anorganických pigmentů*. Pardubice: Vysoká škola chemicko-technologická, 1991.
- [28] Van Drie B., Artesani A., Van Den Berg K. J., et al. New insights into the complex photoluminescence behaviour of titanium white pigments. *Dyes and Pigments* [online]. 2018, 2017(155), 14-22 [cit. 2022-05-02]. ISSN ISSN 0143-7208.
- [29] Kalendová A., Veselý D., Kohl M., Stejskal J. Anticorrosion efficiency of zinc-filled epoxy coatings containing conducting polymers and pigments. *Progress in organic coatings*. 2015, 78, 1-20. ISBN 03009440.

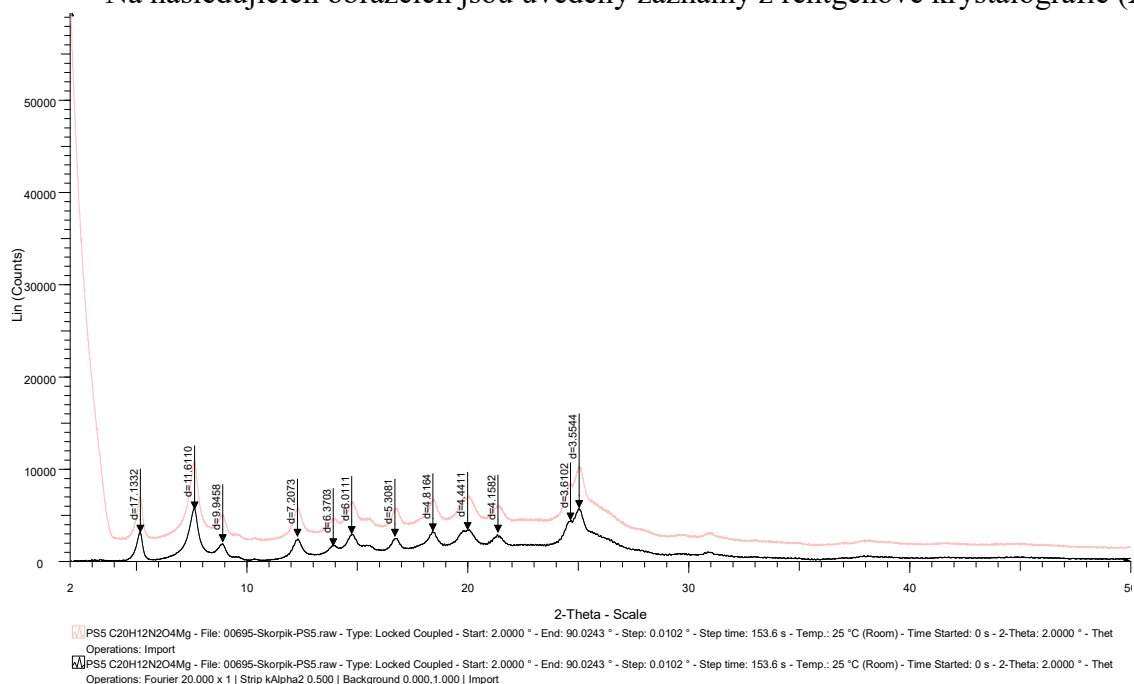
- [30] Klingshirn C. F., Meyer B. K., Waag A., Hoffmann A. a Geurts J., Zinc Oxide: From Fundamental Properties Towards Novel Applications, Berlin: SpringerVerlag, 2010, pp. 325-338. ISBN 978-3-642-10576
- [31] Buxbaum G., Industrial Inorganic Pigments, Weinheim: WILEY-VCH, 1998, pp. 77-82. ISBN 3-527-28878-3
- [32] Wang, J.; Cao, J.; Fang, B.; Lu, P.; Deng, S.; Wang, H. Synthesis and characterization of multipod, flower-like, and shuttle-like ZnO frameworks in ionic liquids. *Mater. Lett* 2005, 59, 1405–1408.
- [33] Kołodziejczak-Radzimska, A.; Jesionowski, T. Zinc Oxide—From Synthesis to Application: A Review. *Materials* 2014, 7, 2833-2881.
- [34] Buxbaum G., Industrial Inorganic Pigments, Weinheim: WILEY-VCH, 1998, pp. 77-82. ISBN 3-527-28878-3
- [35] Büchner W., Schliebs R., Winter G. a Büchel K. H., Průmyslová anorganická chemie: Důležité suroviny a meziprodukty, Praha: SNTL - Nakladatelství technické literatury, 1991, pp. 231, 232, 487, 488. ISBN 80-03-00638-4
- [36] Priyabrata B., HASDA R., Manilal M. a Harish MgO as corrosion inhibitor. *Inorganic Anticorrosive Materials*. Elsevier, 2022, 183- 210. ISBN 9780323904100
- [37] Benešová J., Svoboda M. Poznatky o ochraně ocelových konstrukcí vystavených atmosférickým podmínkám. *Povrcháři* [online]. 2012 (2). [cit. 27. 2. 2022].
- [38] EN ISO 12944-5: Nátěrové hmoty – Protikorozní ochrana ocelových konstrukcí ochrannými nátěrovými systémy – Část 5: Ochranné nátěrové systémy. ČR: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2018
- [39] Fatty acid based waterborne air drying epoxy ester resin for coating applications. *Progress in Organic Coatings*. 2015, roč. 2015, č. 87, s. 95-105.
- [40] Siming O., Zecheng L., Linyang C., Yongbo D., Liang S., Preparation of excellent-water-resistance water-borne alkyd/acrylic hybrid coatings with varied maleic anhydride content. *Progress in Organic Coatings*. 2021, 161, ISSN 0300-9440.
- [41] Kaiesier K., Environmentally friendly coatings technologies, 7th International Congress, 2008
- [42] Ilhan K., Isil Guclu A., Gamze. Preparation and characterization of water reducible alkyd resin/colloidal silica nanocomposite coatings. *Progress in Organic Coatings*. 2014, 77, 949-956. ISSN 0300-9440.
- [43] Salata R., Pellegrine R., Soucek M. D. Visible light cure packages for improved drying kinetics in alkyd coatings. *Progress in Organic Coatings*. 2020, 144, ISSN 0300-9440.
- [44] Jiheng D., Wanjun P., Obaid R., Huimin D., A novel hydroxyl epoxyphosphate monomer enhancing the anticorrosive performance of waterborne Graphene/Epoxy coatings. *Applied Surface Science*. 2018, 427, 981-991, ISSN 0169- 4332.

- [45] Fan-Long J., Soo-Jin P., Synthesis and application of epoxy resins: A review. *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*. 2015, 29, 1-11, ISSN 1226-086X
- [46] WEINMANN G. E. D., High performance waterborne epoxy primers for metallic substrates. *Surface Coatings International Part A*. 2001, 3, 126-130. ISSN 1754-0925
- [47] M. I. Cook. Formulating novel aqueous epoxy resin systems for metal primer applications. 6th Nurnburg Congress [online]. 2001 [cit. 28. 2. 2022].

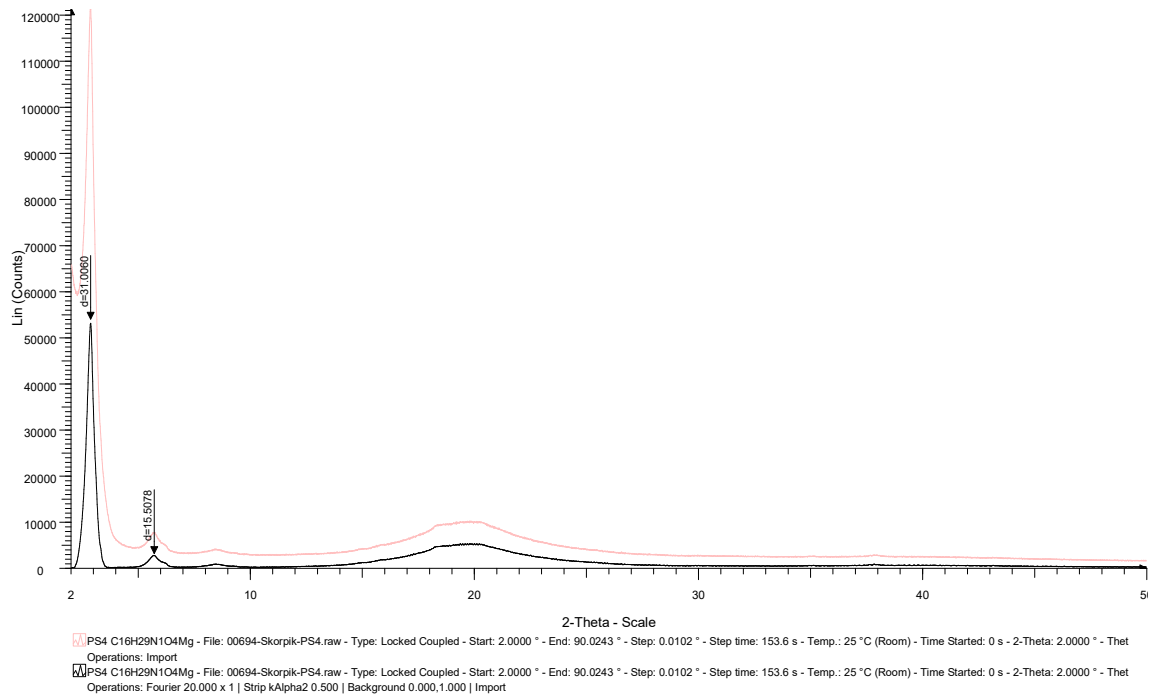
PŘÍLOHA GRAFY

Rentgenová krystalografie

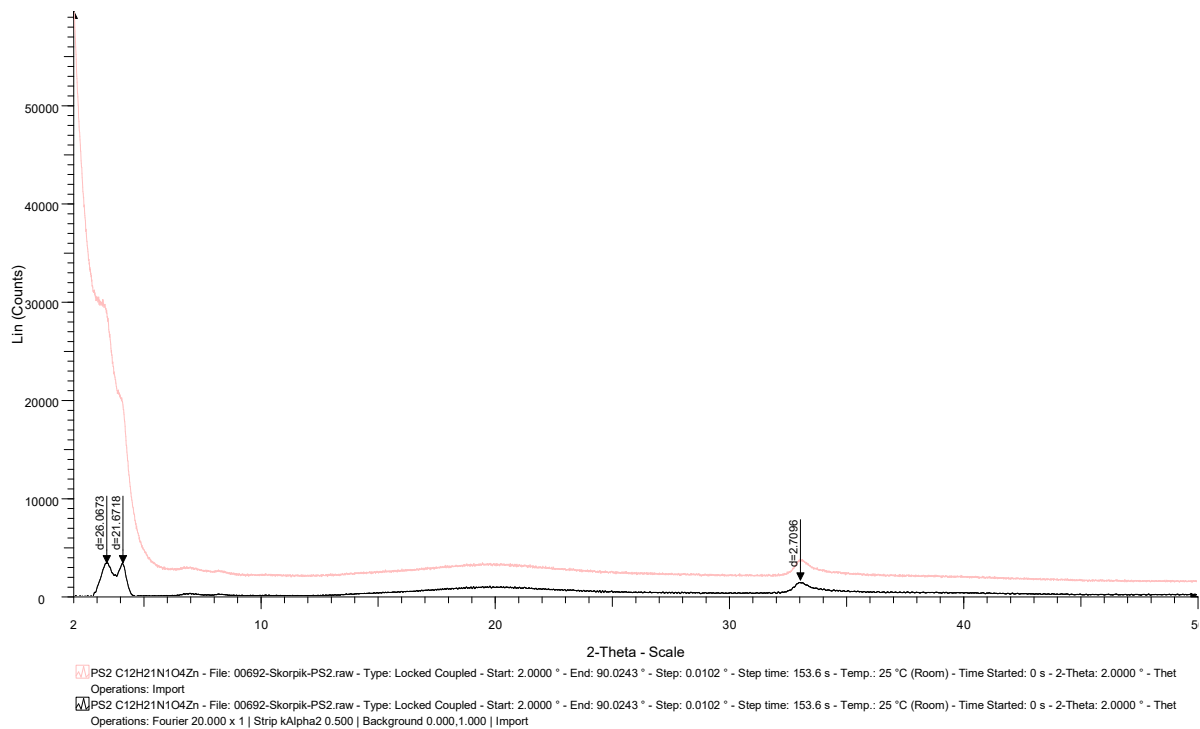
Na následujících obrázcích jsou uvedeny záznamy z rentgenové krystalografie (XRD).



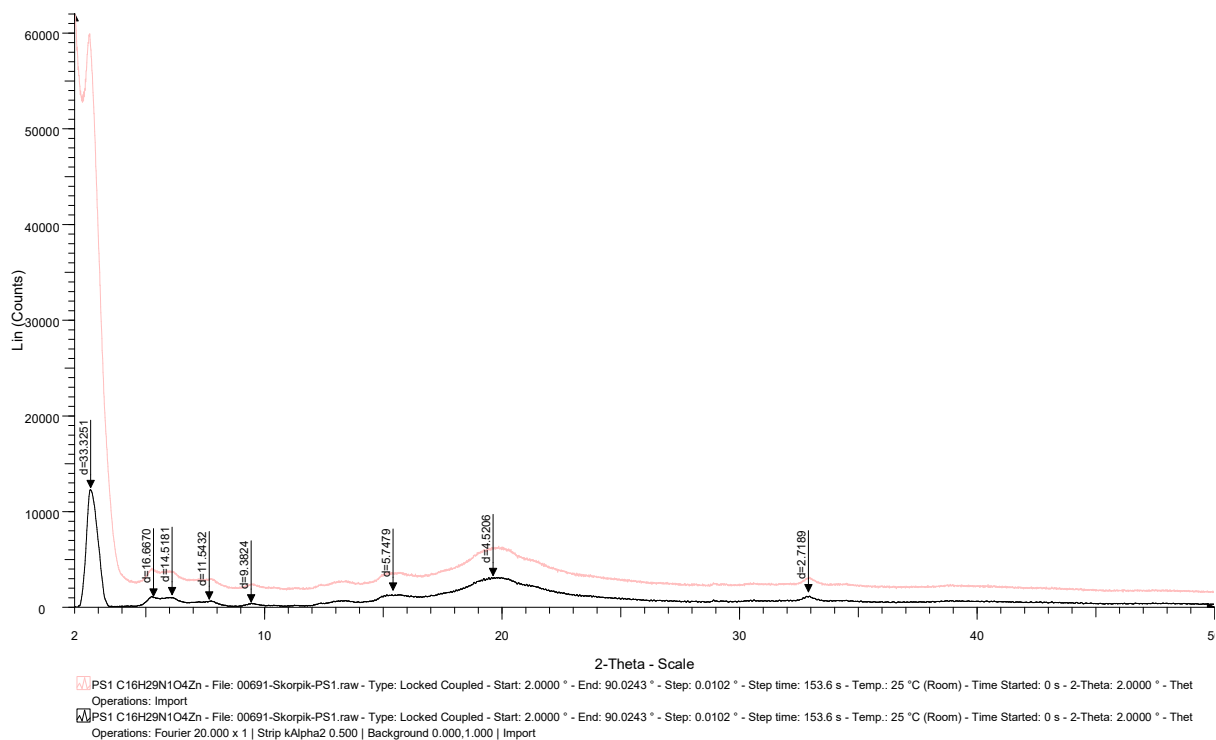
Obrázek 38. Záznam z rentgenové krystalografie (XRD) pigmentu C₂₀H₁₂N₂O₄Mg



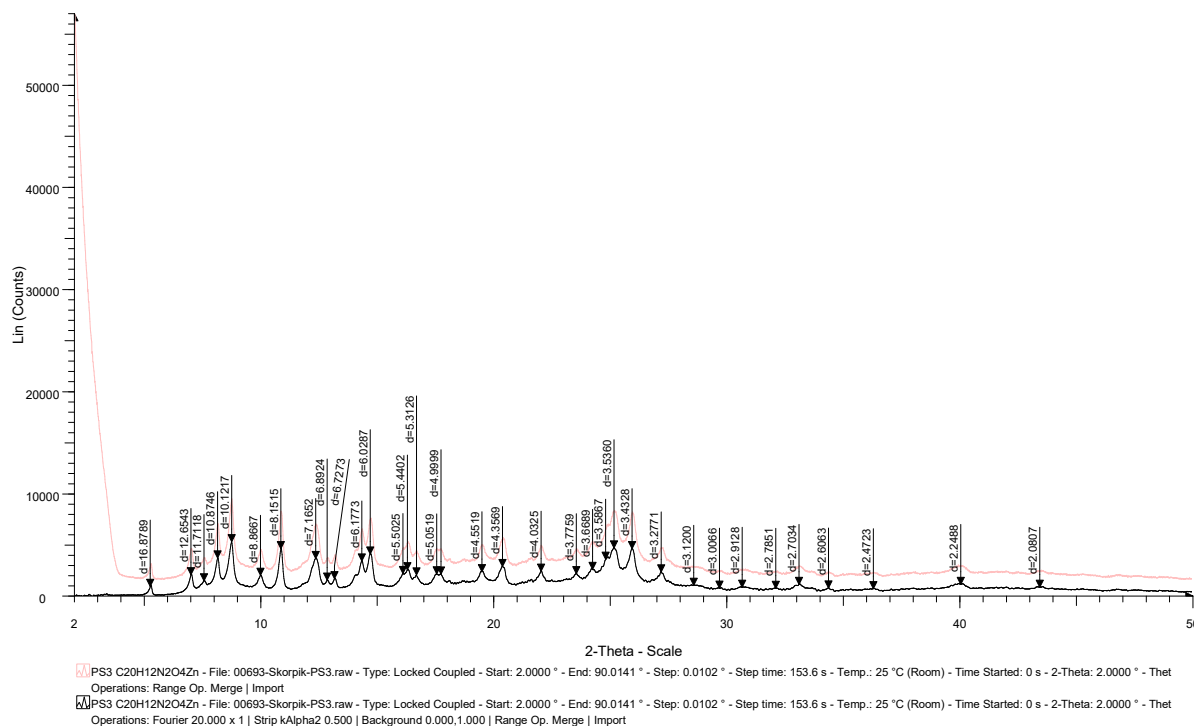
Obrázek 39. Záznam z rentgenové krystalografie (XRD) pigmentu C₁₆H₂₉N₁O₄Mg



Obrázek 40. Záznam z rentgenové krystalografie (XRD) pigmentu $C_{12}H_{21}N_1O_4Zn$



Obrázek 41. Záznam z rentgenové krystalografie (XRD) pigmentu $C_{16}H_{29}N_1O_4Zn$



Obrázek 42. Záznam z rentgenové krystalografie (XRD) pigmentu $C_{20}H_{12}N_2O_4Zn$

OBRÁZKOVÁ PŘÍLOHA

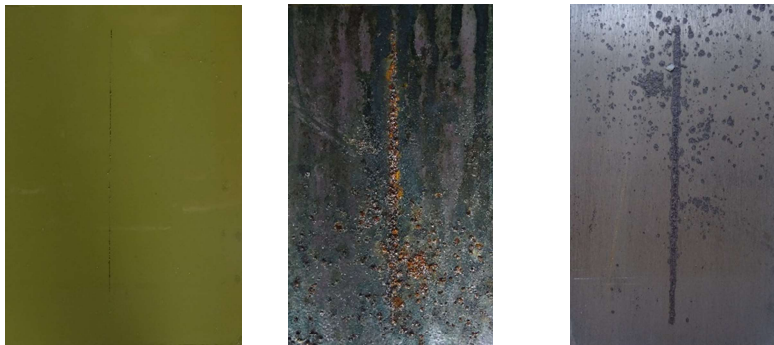
Korozní odolnost organických povlaků v atmosféře s obsahem SO₂

Na následujících fotografiích jsou zobrazeny organické povlaky před expozicí v atmosféře s obsahem SO₂, po ukončení expozice a po stažení nátěrového filmu.

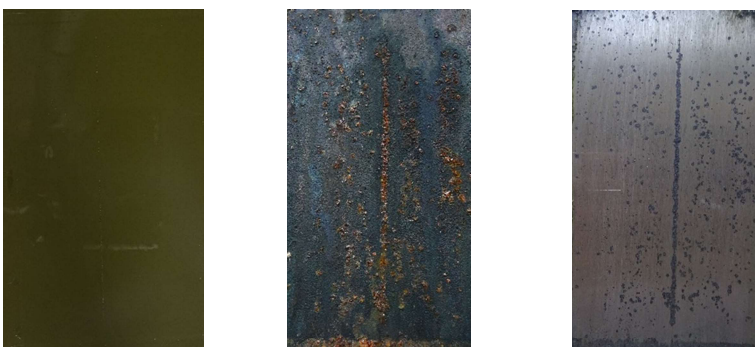
C₂₀H₁₂N₂O₄Mg s pojivem epoxyesterovou pryskyřicí o hodnotě OKP 1 %



C₂₀H₁₂N₂O₄Mg s pojivem epoxyesterovou pryskyřicí o hodnotě OKP 5 %



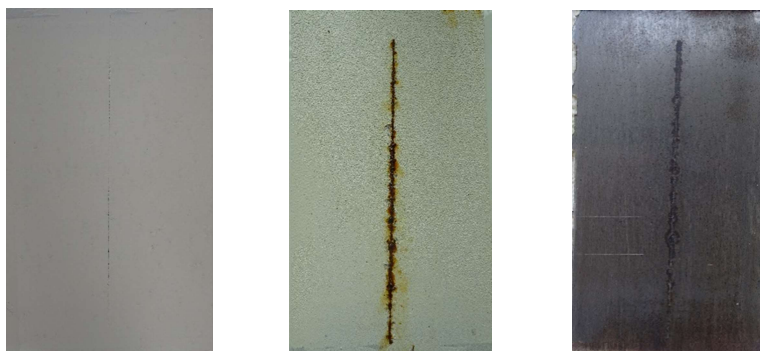
C₂₀H₁₂N₂O₄Mg s pojivem epoxyesterovou pryskyřicí o hodnotě OKP 10 %



$C_{16}H_{29}N_1O_4Mg$ s pojivem epoxyesterovou pryskyřicí o hodnotě OKP 1 %



$C_{16}H_{29}N_1O_4Mg$ s pojivem epoxyesterovou pryskyřicí o hodnotě OKP 5 %



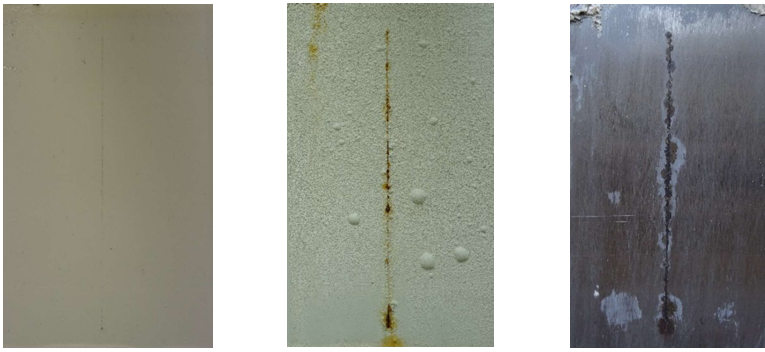
$C_{16}H_{29}N_1O_4Mg$ s pojivem epoxyesterovou pryskyřicí o hodnotě OKP 10 %



$C_{12}H_{21}N_1O_4Zn$ s pojivem epoxyesterovou pryskyřicí o hodnotě OKP 1 %



$C_{12}H_{21}N_1O_4Zn$ s pojivem epoxyesterovou pryskyřicí o hodnotě OKP 5 %



$C_{12}H_{21}N_1O_4Zn$ s pojivem epoxyesterovou pryskyřicí o hodnotě OKP 10 %



$C_{16}H_{29}N_1O_4Zn$ s pojivem epoxyesterovou pryskyřicí o hodnotě OKP 1 %



$C_{16}H_{29}N_1O_4Zn$ s pojivem epoxyesterovou pryskyřicí o hodnotě OKP 5 %



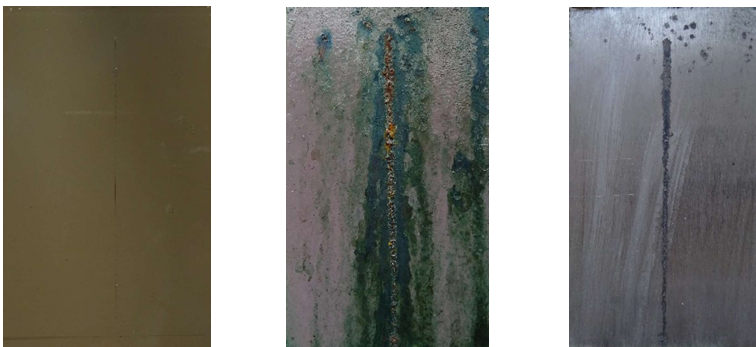
$C_{16}H_{29}N_1O_4Zn$ s pojivem epoxysterovou pryskyřicí o hodnotě OKP 10 %



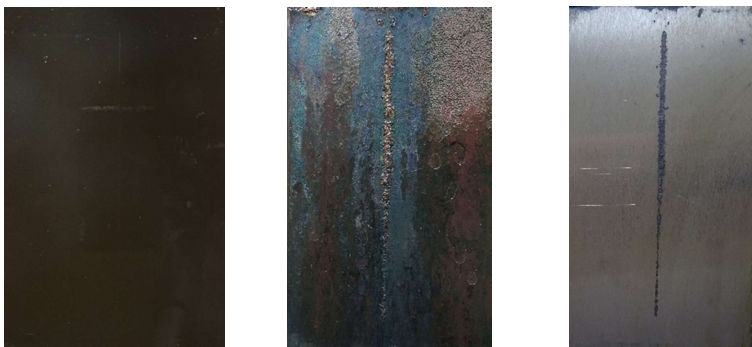
$C_{20}H_{12}N_2O_4Zn$ s pojivem epoxysterovou pryskyřicí o hodnotě OKP 1 %



$C_{20}H_{12}N_2O_4Zn$ s pojivem epoxysterovou pryskyřicí o hodnotě OKP 5 %



$C_{20}H_{12}N_2O_4Zn$ s pojivem epoxysterovou pryskyřicí o hodnotě OKP 10 %



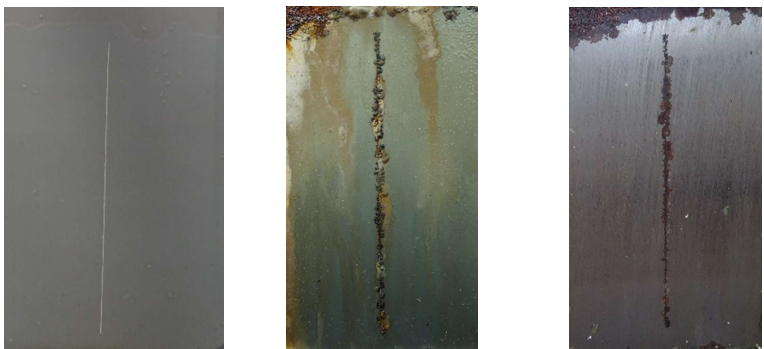
MgO s pojivem epoxysterovou pryskyřicí o hodnotě OKP 1 %



MgO s pojivem epoxysterovou pryskyřicí o hodnotě OKP 5 %



MgO s pojivem epoxysterovou pryskyřicí o hodnotě OKP 10 %



$Zn_3(PO_4)_2$ s pojivem epoxysterovou pryskyřicí o hodnotě OKP 1 %



$Zn_3(PO_4)_2$ s pojivem epoxysterovou pryskyřicí o hodnotě OKP 5 %



$Zn_3(PO_4)_2$ s pojivem epoxysterovou pryskyřicí o hodnotě OKP 10 %



ZnO s pojivem epoxysterovou pryskyřicí o hodnotě OKP 1 %



ZnO s pojivem epoxysterovou pryskyřicí o hodnotě OKP 5 %



ZnO s pojivem epoxysterovou pryskyřicí o hodnotě OKP 10 %



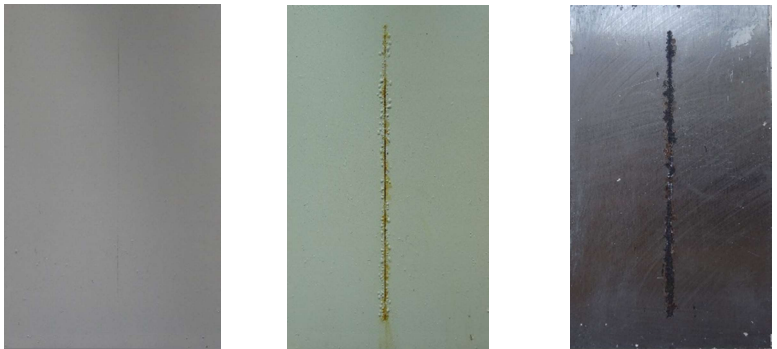
CaSiO₃ s pojivem epoxysterovou pryskyřicí o hodnotě OKP 1 %



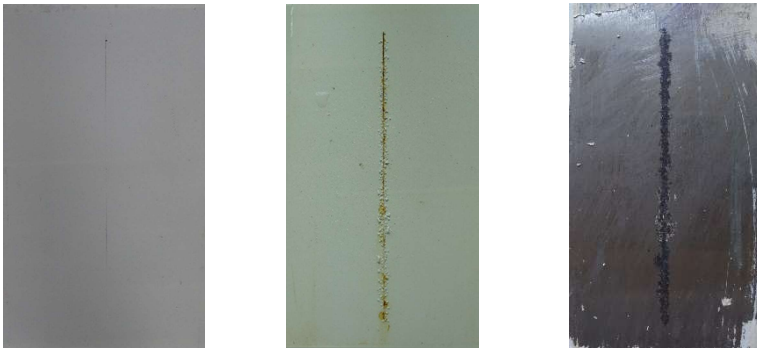
CaSiO₃ s pojivem epoxysterovou pryskyřicí o hodnotě OKP 5 %



CaSiO₃ s pojivem epoxysterovou pryskyřicí o hodnotě OKP 10 %



TiO₂ s pojivem epoxysterovou pryskyřicí o hodnotě OKP 10 %



C₂₀H₁₂N₂O₄Mg s pojivem alkydovou pryskyřicí o hodnotě OKP 10 %



C₁₆H₂₉N₁O₄Mg s pojivem alkydovou pryskyřicí o hodnotě OKP 10 %



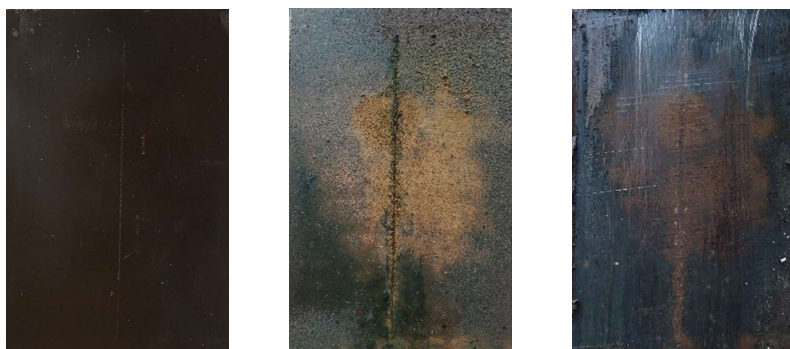
C₁₂H₂₁N₁O₄Zn s pojivem alkydovou pryskyřicí o hodnotě OKP 10 %



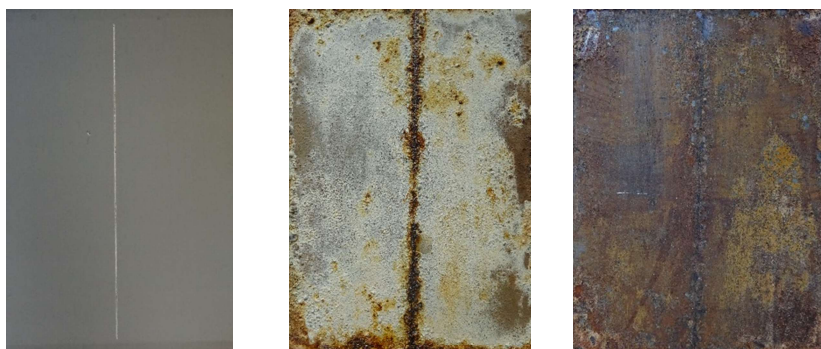
$C_{16}H_{29}N_1O_4Zn$ s pojivem alkydovou pryskyřicí o hodnotě OKP 10 %



$C_{20}H_{12}N_2O_4Zn$ s pojivem alkydovou pryskyřicí o hodnotě OKP 10 %



MgO s pojivem alkydovou pryskyřicí o hodnotě OKP 10 %



$Zn_3(PO_4)_2$ s pojivem alkydovou pryskyřicí o hodnotě OKP 10 %



ZnO s pojivem alkydovou pryskyřicí o hodnotě OKP 10 %



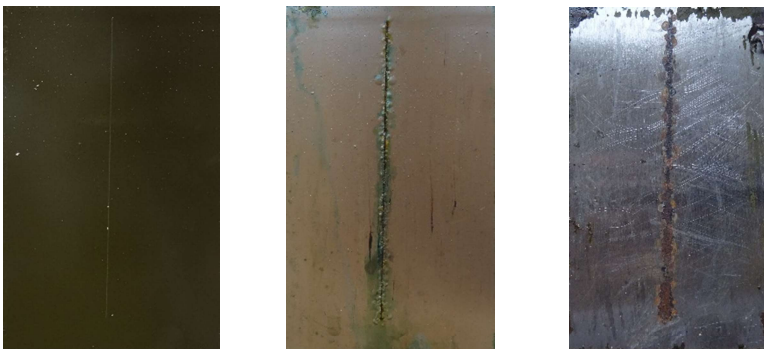
CaSiO₃ s pojivem alkydovou pryskyřicí o hodnotě OKP 10 %



TiO₂ s pojivem alkydovou pryskyřicí o hodnotě OKP 10 %



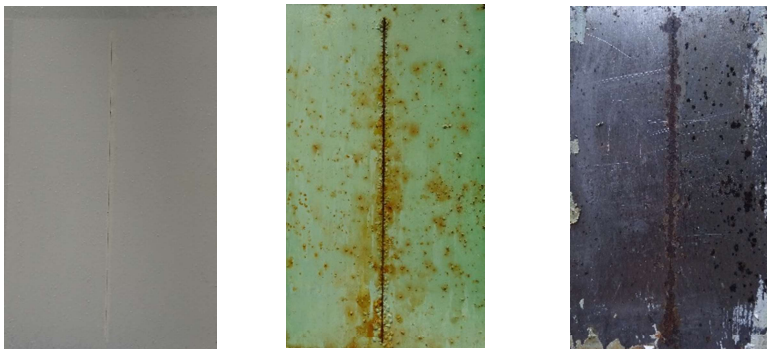
C₂₀H₁₂N₂O₄Mg s pojivem epoxidovou pryskyřicí o hodnotě OKP 10 %



$C_{16}H_{29}N_1O_4Mg$ s pojivem epoxidovou pryskyřicí o hodnotě OKP 10 %



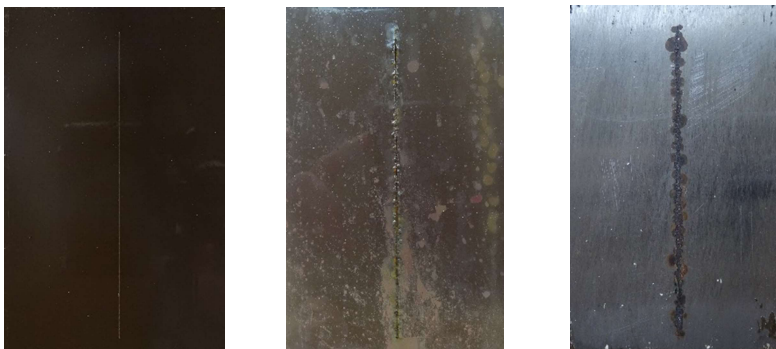
$C_{12}H_{21}N_1O_4Zn$ s pojivem epoxidovou pryskyřicí o hodnotě OKP 10 %



$C_{16}H_{29}N_1O_4Zn$ s pojivem epoxidovou pryskyřicí o hodnotě OKP 10 %



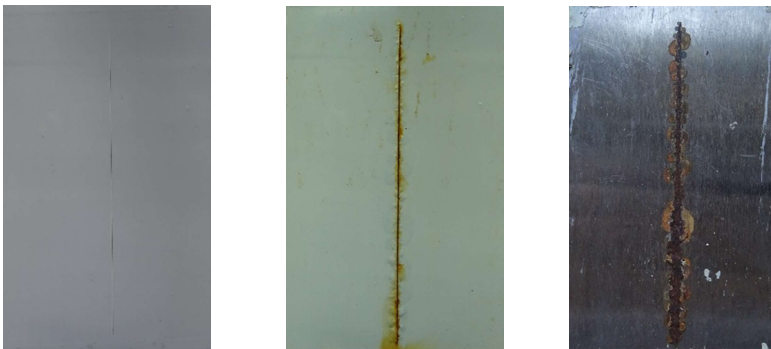
$C_{20}H_{12}N_2O_4Zn$ s pojivem epoxidovou pryskyřicí o hodnotě OKP 10 %



MgO s pojivem epoxidovou pryskyřicí o hodnotě OKP 10 %



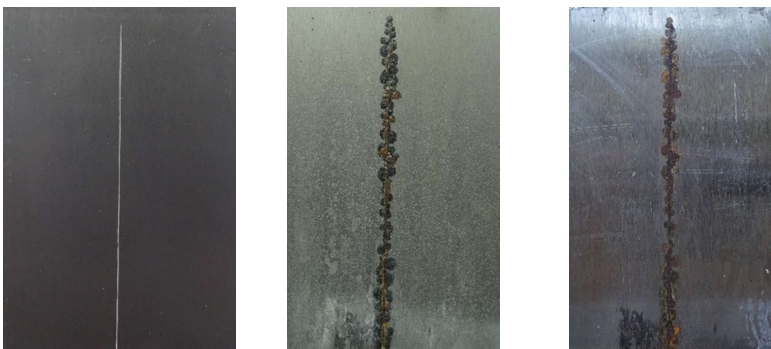
Zn₃(PO₄)₂ s pojivem epoxidovou pryskyřicí o hodnotě OKP 10 %



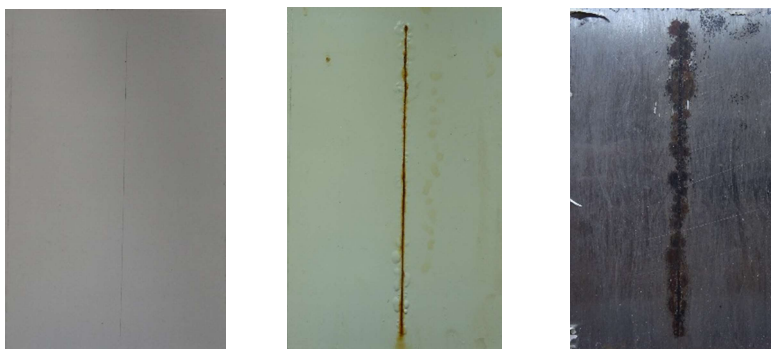
ZnO s pojivem epoxidovou pryskyřicí o hodnotě OKP 10 %



CaSiO₃ s pojivem epoxidovou pryskyřicí o hodnotě OKP 10 %



TiO₂ s pojivem epoxidovou pryskyřicí o hodnotě OKP 10 %



Korozní odolnost organických povlaků v atmosféře s povšechnou kondenzací

Na následujících fotografiích jsou zobrazeny organické povlaky před expozicí v atmosféře s povšechnou kondenzací, po ukončení expozice a po stažení nátěrového filmu.

C₂₀H₁₂N₂O₄Mg s pojivem epoxyesterovou pryskyřicí o hodnotě OKP 1 %



C₂₀H₁₂N₂O₄Mg s pojivem epoxyesterovou pryskyřicí o hodnotě OKP 5 %



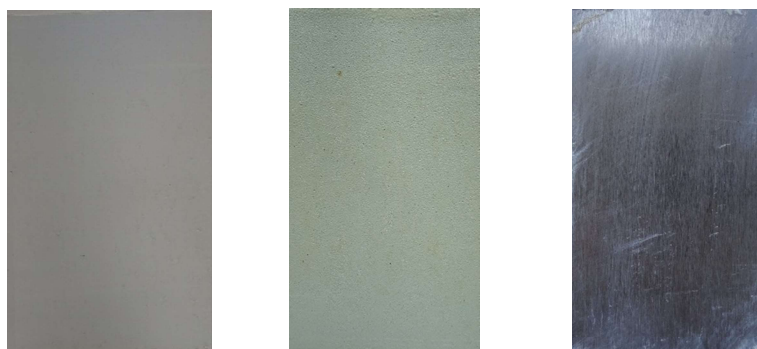
$C_{20}H_{12}N_2O_4Mg$ s pojivem epoxyesterovou pryskyřicí o hodnotě OKP 10 %



$C_{16}H_{29}N_1O_4Mg$ s pojivem epoxyesterovou pryskyřicí o hodnotě OKP 1 %



$C_{16}H_{29}N_1O_4Mg$ s pojivem epoxyesterovou pryskyřicí o hodnotě OKP 5 %



$C_{16}H_{29}N_1O_4Mg$ s pojivem epoxyesterovou pryskyřicí o hodnotě OKP 10 %



$C_{12}H_{21}N_1O_4Zn$ s pojivem epoxysterovou pryskyřicí o hodnotě OKP 1 %



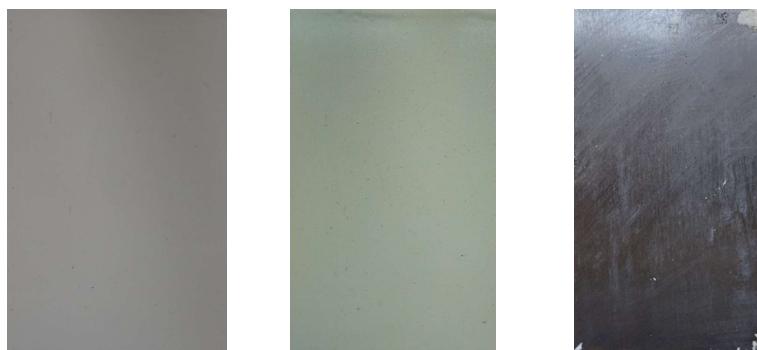
$C_{12}H_{21}N_1O_4Zn$ s pojivem epoxysterovou pryskyřicí o hodnotě OKP 5 %



$C_{12}H_{21}N_1O_4Zn$ s pojivem epoxysterovou pryskyřicí o hodnotě OKP 10 %



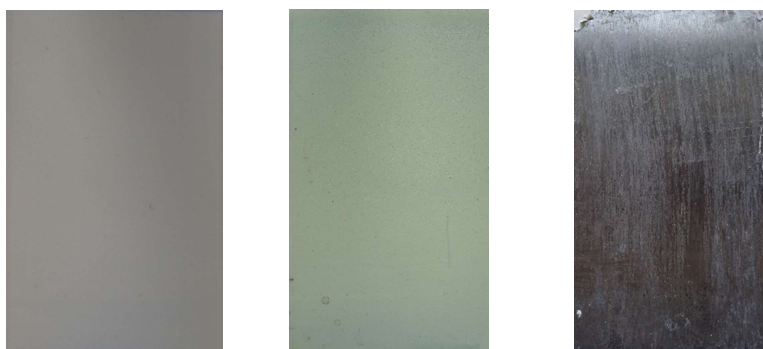
$C_{16}H_{29}N_1O_4Zn$ s pojivem epoxysterovou pryskyřicí o hodnotě OKP 1 %



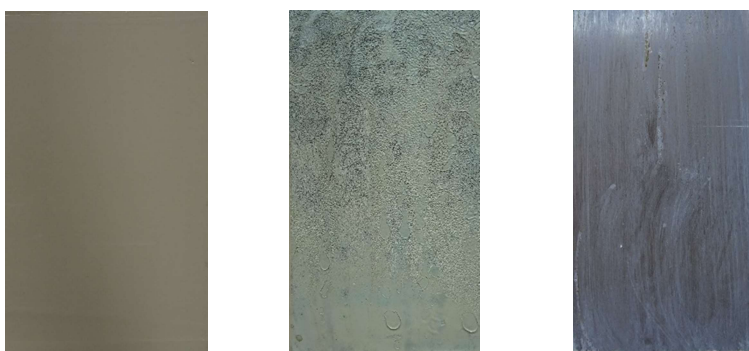
$C_{16}H_{29}N_1O_4Zn$ s pojivem epoxysterovou pryskyřicí o hodnotě OKP 5 %



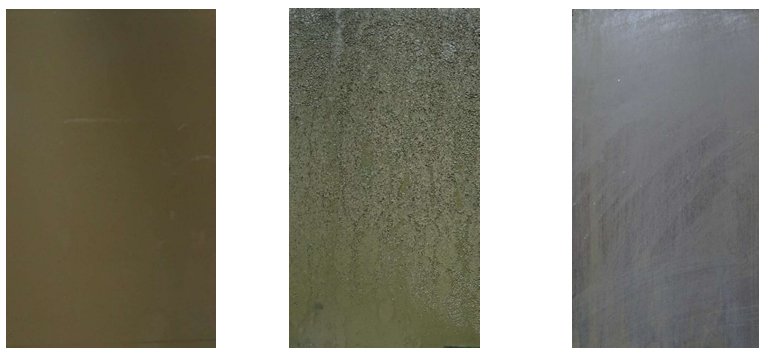
$C_{16}H_{29}N_1O_4Zn$ s pojivem epoxysterovou pryskyřicí o hodnotě OKP 10 %



$C_{20}H_{12}N_2O_4Zn$ s pojivem epoxysterovou pryskyřicí o hodnotě OKP 1 %



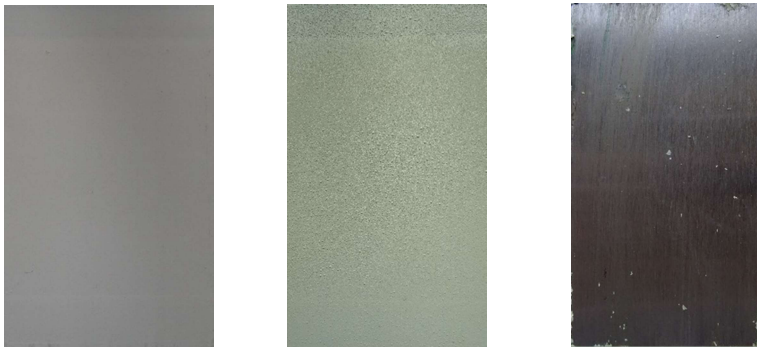
$C_{20}H_{12}N_2O_4Zn$ s pojivem epoxysterovou pryskyřicí o hodnotě OKP 5 %



$C_{20}H_{12}N_2O_4Zn$ s pojivem epoxysterovou pryskyřicí o hodnotě OKP 10 %



MgO s pojivem epoxysterovou pryskyřicí o hodnotě OKP 1 %



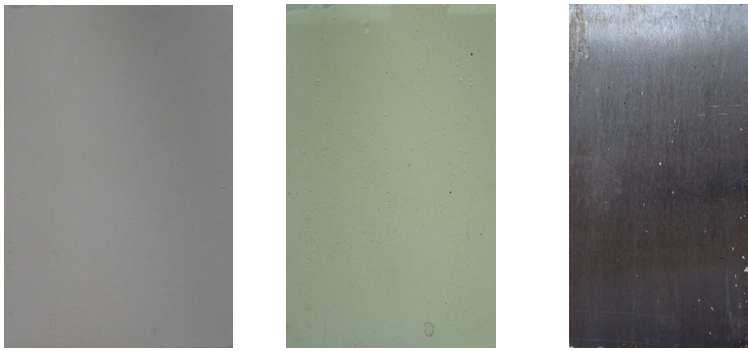
MgO s pojivem epoxysterovou pryskyřicí o hodnotě OKP 5 %



MgO s pojivem epoxysterovou pryskyřicí o hodnotě OKP 10 %



$Zn_3(PO_4)_2$ s pojivem epoxysterovou pryskyřicí o hodnotě OKP 1 %



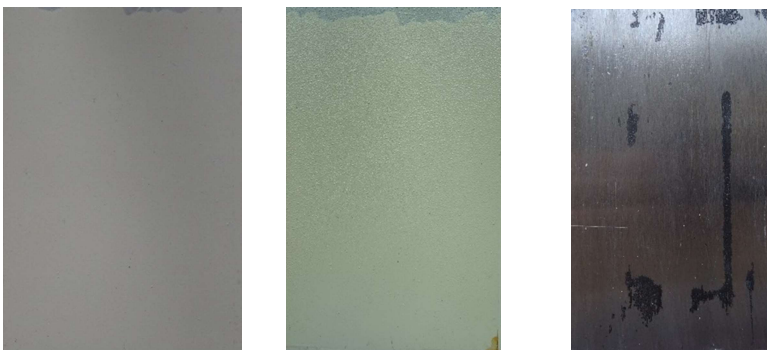
$Zn_3(PO_4)_2$ s pojivem epoxysterovou pryskyřicí o hodnotě OKP 5 %



$Zn_3(PO_4)_2$ s pojivem epoxysterovou pryskyřicí o hodnotě OKP 10 %



ZnO s pojivem epoxysterovou pryskyřicí o hodnotě OKP 1 %



ZnO s pojivem epoxyesterovou pryskyřicí o hodnotě OKP 5 %



ZnO s pojivem epoxyesterovou pryskyřicí o hodnotě OKP 10 %



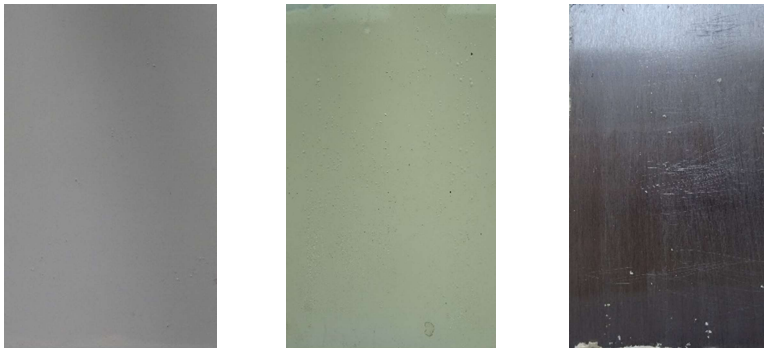
CaSiO₃ s pojivem epoxyesterovou pryskyřicí o hodnotě OKP 1 %



CaSiO₃ s pojivem epoxyesterovou pryskyřicí o hodnotě OKP 5 %



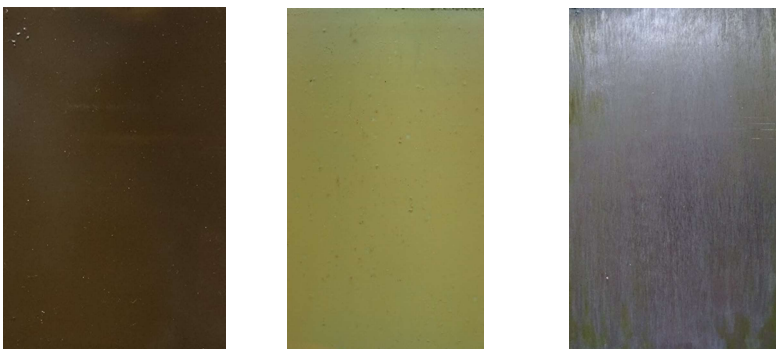
CaSiO₃ s pojivem epoxyesterovou pryskyřicí o hodnotě OKP 10 %



TiO₂ s pojivem epoxyesterovou pryskyřicí o hodnotě OKP 10 %



C₂₀H₁₂N₂O₄Mg s pojivem alkydovou pryskyřicí o hodnotě OKP 10 %



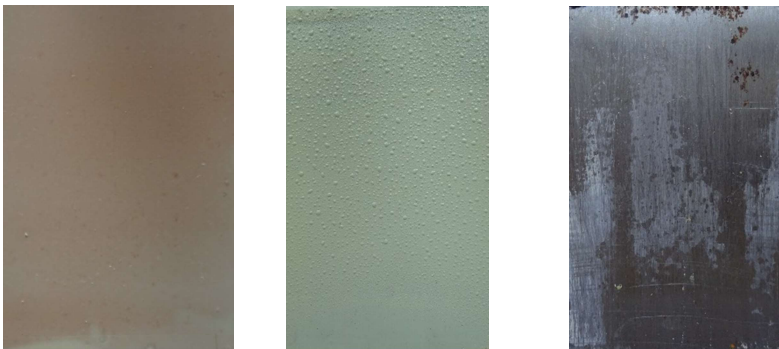
C₁₆H₂₉N₁O₄Mg s pojivem alkydovou pryskyřicí o hodnotě OKP 10 %



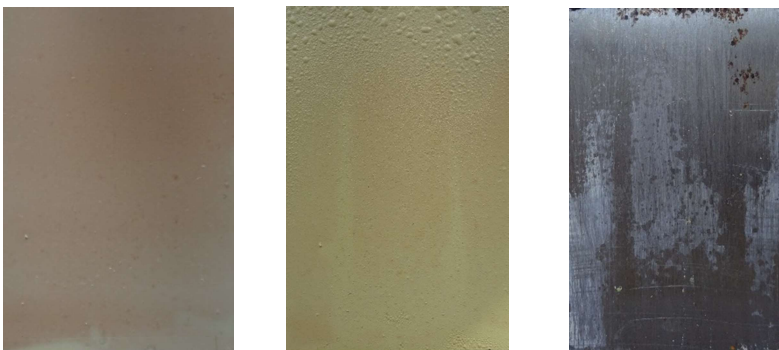
$C_{12}H_{21}N_1O_4Zn$ s pojivem alkydovou pryskyřicí o hodnotě OKP 10 %



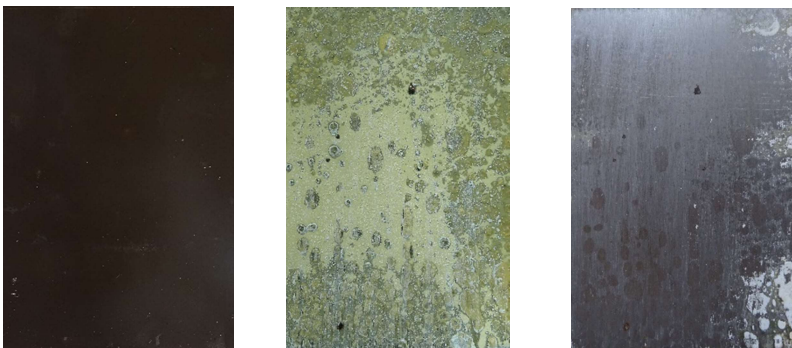
$C_{16}H_{29}N_1O_4Zn$ s pojivem alkydovou pryskyřicí o hodnotě OKP 10 %



$C_{20}H_{12}N_2O_4Zn$ s pojivem alkydovou pryskyřicí o hodnotě OKP 10 %



MgO s pojivem alkydovou pryskyřicí o hodnotě OKP 10 %



$Zn_3(PO_4)_2$ s pojivem alkydovou pryskyřicí o hodnotě OKP 10 %



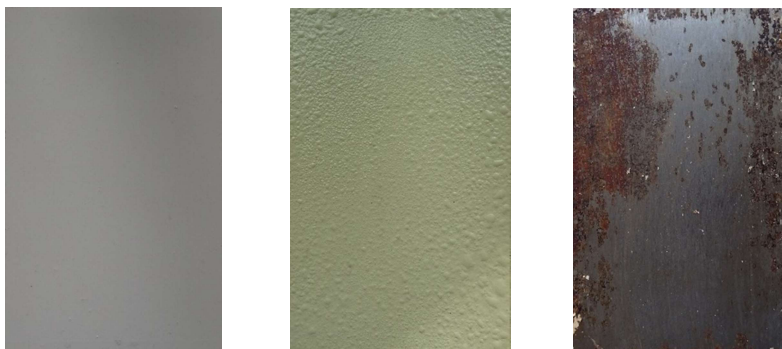
ZnO s pojivem alkydovou pryskyřicí o hodnotě OKP 10 %



$CaSiO_3$ s pojivem alkydovou pryskyřicí o hodnotě OKP 10 %



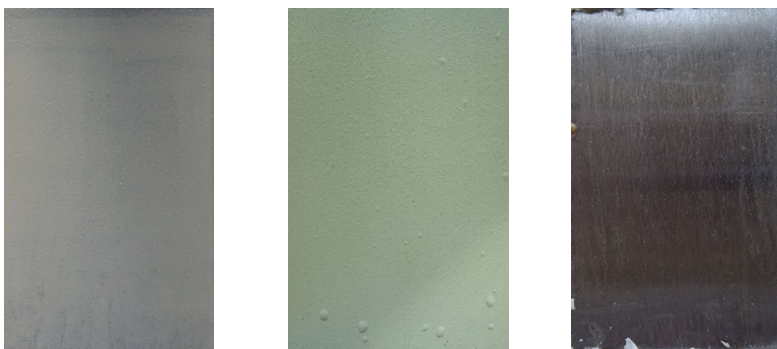
TiO_2 s pojivem alkydovou pryskyřicí o hodnotě OKP 10 %



$C_{20}H_{12}N_2O_4Mg$ s pojivem epoxidovou pryskyřicí o hodnotě OKP 10 %



$C_{16}H_{29}N_1O_4Mg$ s pojivem epoxidovou pryskyřicí o hodnotě OKP 10 %



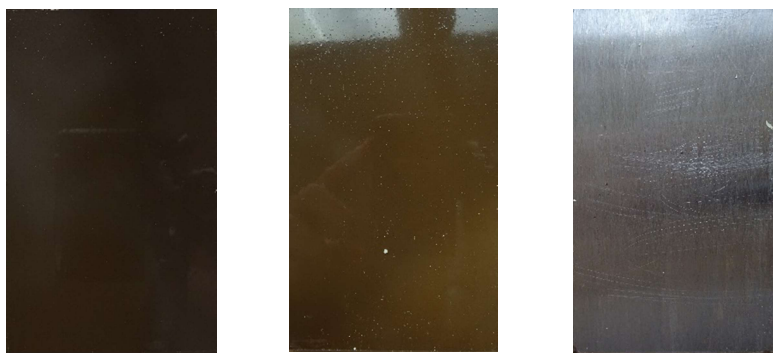
$C_{12}H_{21}N_1O_4Zn$ s pojivem epoxidovou pryskyřicí o hodnotě OKP 10 %



$C_{16}H_{29}N_1O_4Zn$ s pojivem epoxidovou pryskyřicí o hodnotě OKP 10 %



$C_{20}H_{12}N_2O_4Zn$ s pojivem epoxidovou pryskyřicí o hodnotě OKP 10 %



MgO s pojivem epoxidovou pryskyřicí o hodnotě OKP 10 %



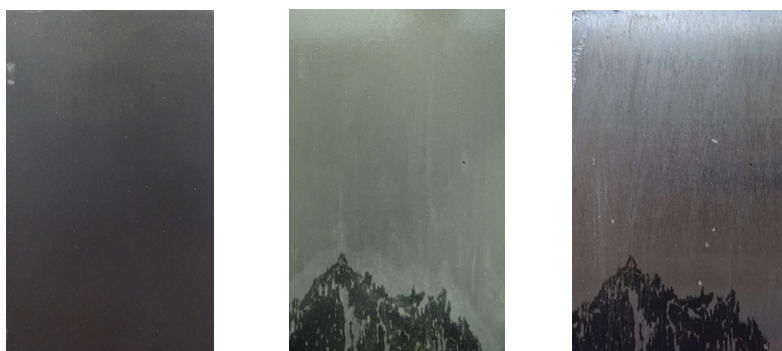
$Zn_3(PO_4)_2$ s pojivem epoxidovou pryskyřicí o hodnotě OKP 10 %



ZnO s pojivem epoxidovou pryskyřicí o hodnotě OKP 10 %



CaSiO₃ s pojivem epoxidovou pryskyřicí o hodnotě OKP 10 %



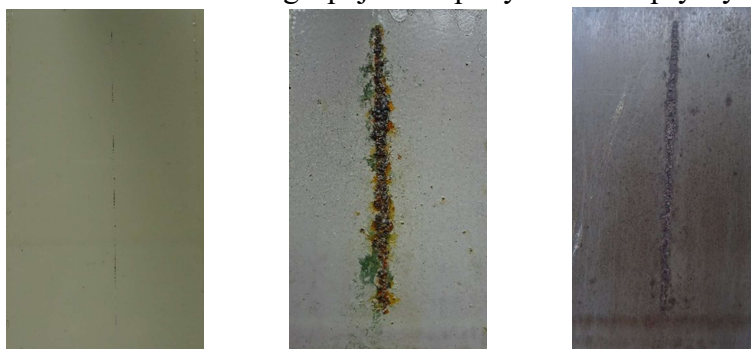
TiO₂ s pojivem epoxidovou pryskyřicí o hodnotě OKP 10 %



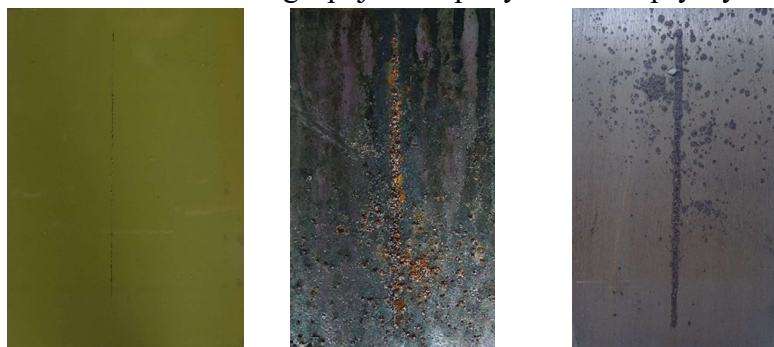
Korozní odolnost organických povlaků v atmosféře se směsnou atmosférou

Na následujících fotografiích jsou zobrazeny organické povlaky před expozicí ve směsné atmosféře se QUV/ solného elektrolytu/ teploty pod bodem mrazu, po ukončení expozice a po stažení nátěrového filmu.

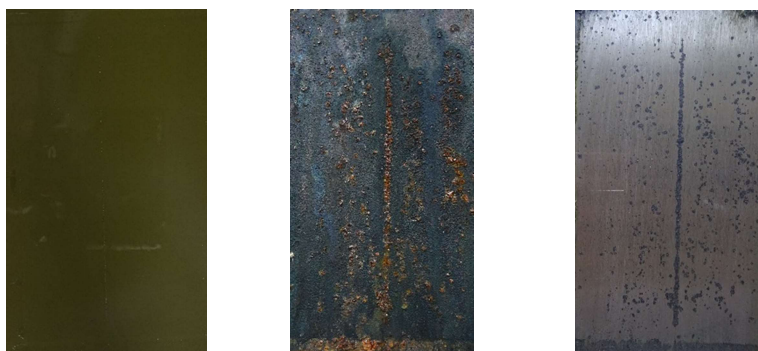
C₂₀H₁₂N₂O₄Mg s pojivem epoxyesterovou pryskyřicí o hodnotě OKP 1 %



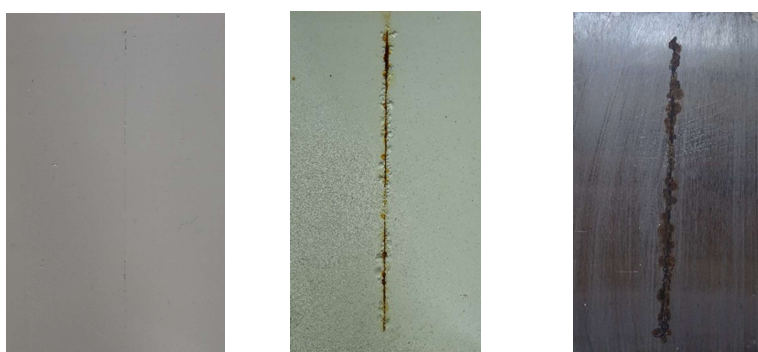
C₂₀H₁₂N₂O₄Mg s pojivem epoxyesterovou pryskyřicí o hodnotě OKP 5 %



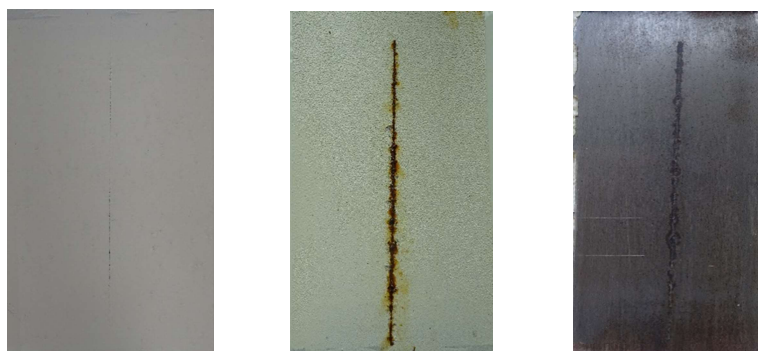
$C_{20}H_{12}N_2O_4Mg$ s pojivem epoxysterovou pryskyřicí o hodnotě OKP 10 %



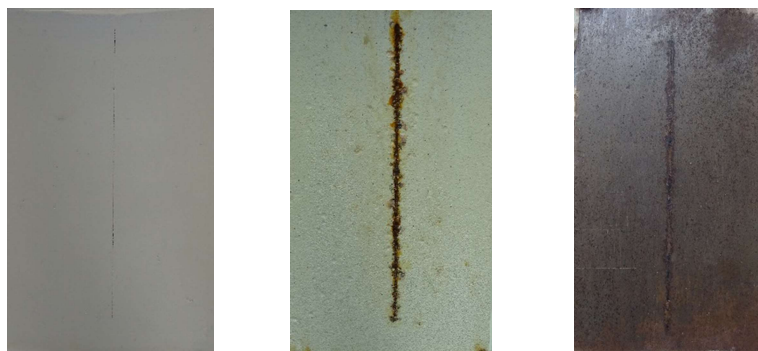
$C_{16}H_{29}N_1O_4Mg$ s pojivem epoxysterovou pryskyřicí o hodnotě OKP 1 %



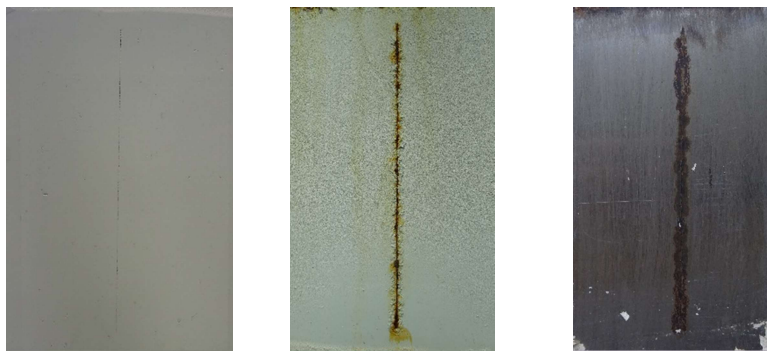
$C_{16}H_{29}N_1O_4Mg$ s pojivem epoxysterovou pryskyřicí o hodnotě OKP 5 %



$C_{16}H_{29}N_1O_4Mg$ s pojivem epoxysterovou pryskyřicí o hodnotě OKP 10 %



$C_{12}H_{21}N_1O_4Zn$ s pojivem epoxyesterovou pryskyřicí o hodnotě OKP 1 %



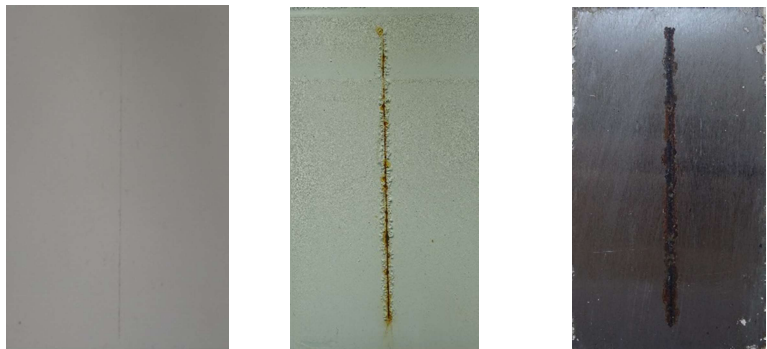
$C_{12}H_{21}N_1O_4Zn$ s pojivem epoxyesterovou pryskyřicí o hodnotě OKP 5 %



$C_{12}H_{21}N_1O_4Zn$ s pojivem epoxyesterovou pryskyřicí o hodnotě OKP 10 %



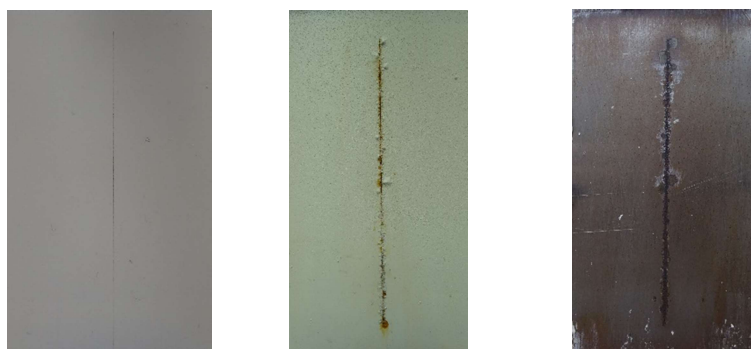
$C_{16}H_{29}N_1O_4Zn$ s pojivem epoxyesterovou pryskyřicí o hodnotě OKP 1 %



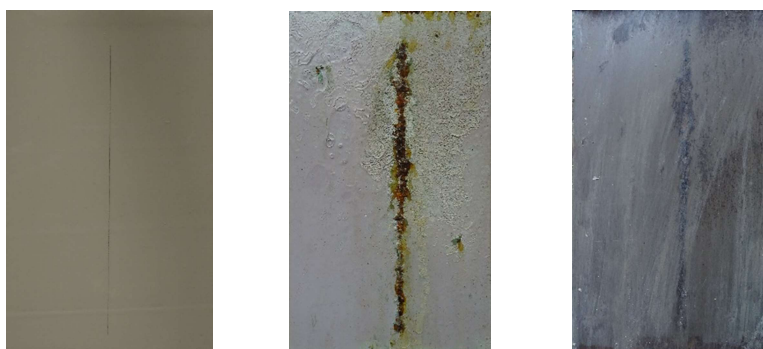
$C_{16}H_{29}N_1O_4Zn$ s pojivem epoxysterovou pryskyřicí o hodnotě OKP 5 %



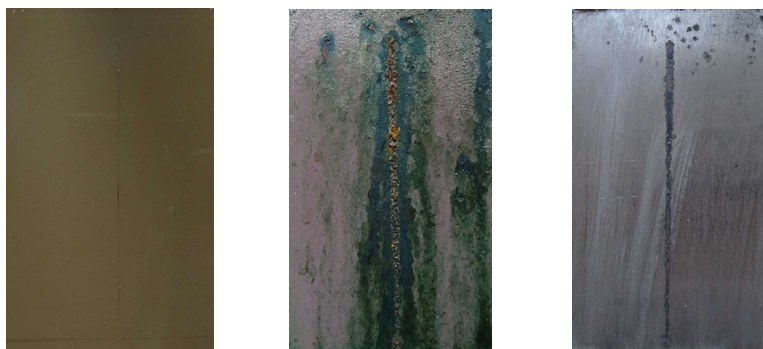
$C_{16}H_{29}N_1O_4Zn$ s pojivem epoxysterovou pryskyřicí o hodnotě OKP 10 %



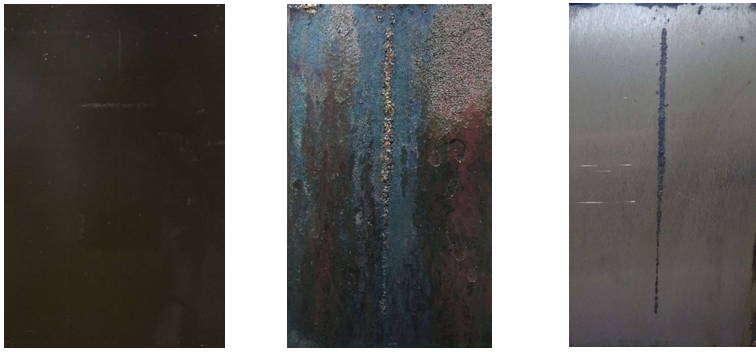
$C_{20}H_{12}N_2O_4Zn$ s pojivem epoxysterovou pryskyřicí o hodnotě OKP 1 %



$C_{20}H_{12}N_2O_4Zn$ s pojivem epoxysterovou pryskyřicí o hodnotě OKP 5 %



$C_{20}H_{12}N_2O_4Zn$ s pojivem epoxysterovou pryskyřicí o hodnotě OKP 10 %



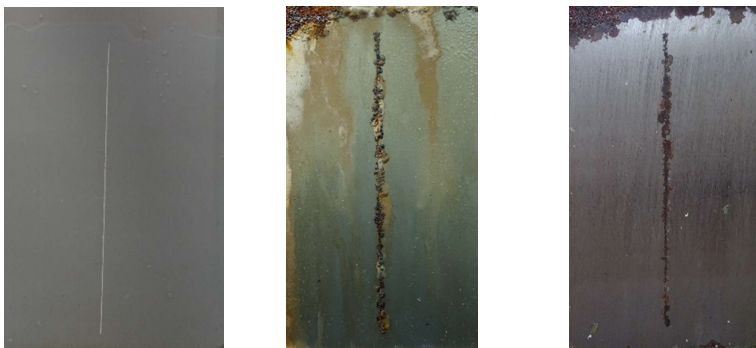
MgO s pojivem epoxysterovou pryskyřicí o hodnotě OKP 1 %



MgO s pojivem epoxysterovou pryskyřicí o hodnotě OKP 5 %



MgO s pojivem epoxysterovou pryskyřicí o hodnotě OKP 10 %



$Zn_3(PO_4)_2$ s pojivem epoxyesterovou pryskyřicí o hodnotě OKP 1 %



$Zn_3(PO_4)_2$ s pojivem epoxyesterovou pryskyřicí o hodnotě OKP 5 %



$Zn_3(PO_4)_2$ s pojivem epoxyesterovou pryskyřicí o hodnotě OKP 10 %



ZnO s pojivem epoxyesterovou pryskyřicí o hodnotě OKP 1 %



ZnO s pojivem epoxysterovou pryskyřicí o hodnotě OKP 5 %



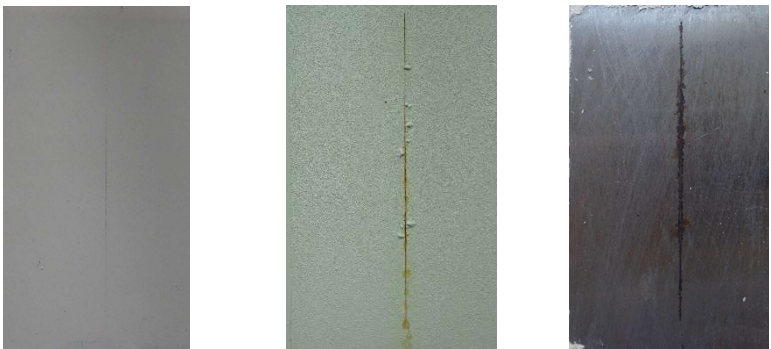
ZnO s pojivem epoxysterovou pryskyřicí o hodnotě OKP 10 %



CaSiO₃ s pojivem epoxysterovou pryskyřicí o hodnotě OKP 1 %



CaSiO₃ s pojivem epoxysterovou pryskyřicí o hodnotě OKP 5 %



CaSiO_3 s pojivem epoxysterovou pryskyřicí o hodnotě OKP 10 %



TiO_2 s pojivem epoxysterovou pryskyřicí o hodnotě OKP 10 %



$\text{C}_{20}\text{H}_{12}\text{N}_2\text{O}_4\text{Mg}$ s pojivem alkydovou pryskyřicí o hodnotě OKP 10 %



$\text{C}_{16}\text{H}_{29}\text{N}_1\text{O}_4\text{Mg}$ s pojivem alkydovou pryskyřicí o hodnotě OKP 10 %



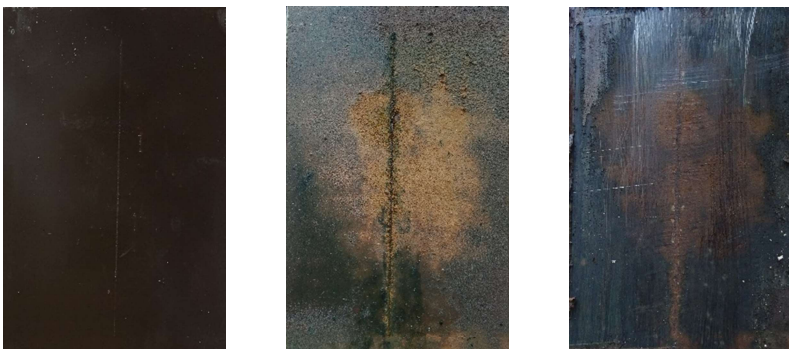
$C_{12}H_{21}N_1O_4Zn$ s pojivem alkydovou pryskyřicí o hodnotě OKP 10 %



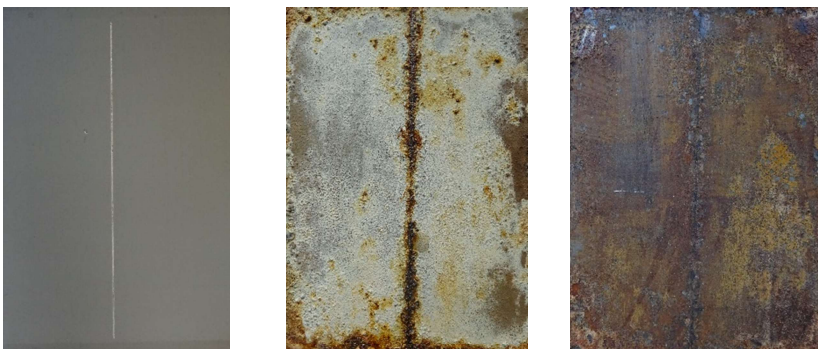
$C_{16}H_{29}N_1O_4Zn$ s pojivem alkydovou pryskyřicí o hodnotě OKP 10 %



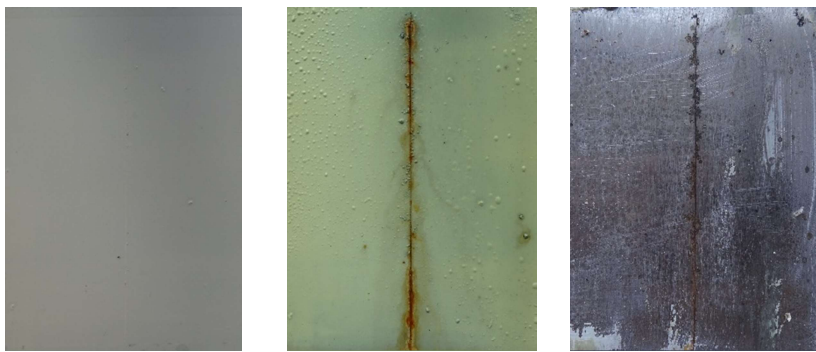
$C_{20}H_{12}N_2O_4Zn$ s pojivem alkydovou pryskyřicí o hodnotě OKP 10 %



MgO s pojivem alkydovou pryskyřicí o hodnotě OKP 10 %



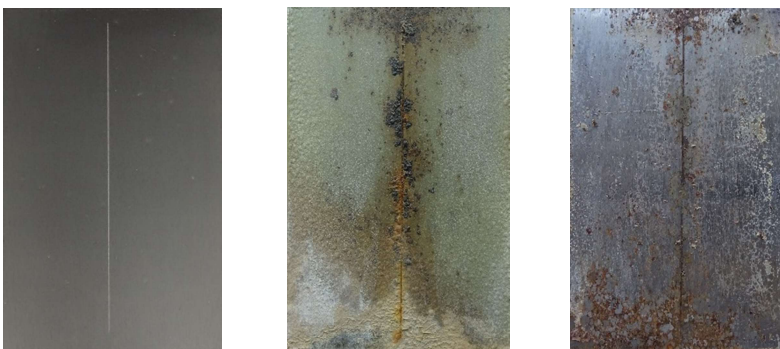
$Zn_3(PO_4)_2$ s pojivem alkydovou pryskyřicí o hodnotě OKP 10 %



ZnO s pojivem alkydovou pryskyřicí o hodnotě OKP 10 %



$CaSiO_3$ s pojivem alkydovou pryskyřicí o hodnotě OKP 10 %



TiO_2 s pojivem alkydovou pryskyřicí o hodnotě OKP 10 %



$C_{20}H_{12}N_2O_4Mg$ s pojivem epoxidovou pryskyřicí o hodnotě OKP 10 %



$C_{16}H_{29}N_1O_4Mg$ s pojivem epoxidovou pryskyřicí o hodnotě OKP 10 %



$C_{12}H_{21}N_1O_4Zn$ s pojivem epoxidovou pryskyřicí o hodnotě OKP 10 %



$C_{16}H_{29}N_1O_4Zn$ s pojivem epoxidovou pryskyřicí o hodnotě OKP 10 %



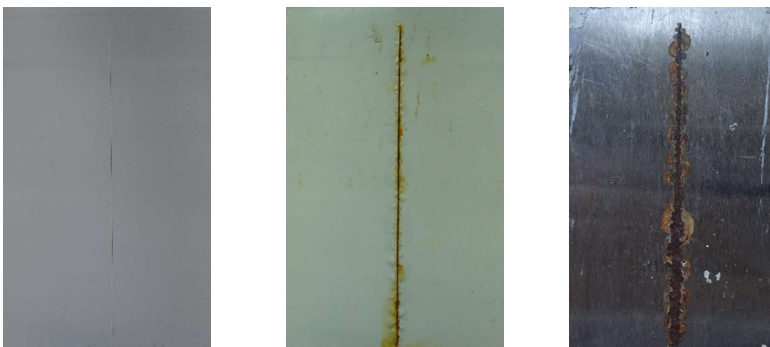
$C_{20}H_{12}N_2O_4Zn$ s pojivem epoxidovou pryskyřicí o hodnotě OKP 10 %



MgO s pojivem epoxidovou pryskyřicí o hodnotě OKP 10 %



$Zn_3(PO_4)_2$ s pojivem epoxidovou pryskyřicí o hodnotě OKP 10 %



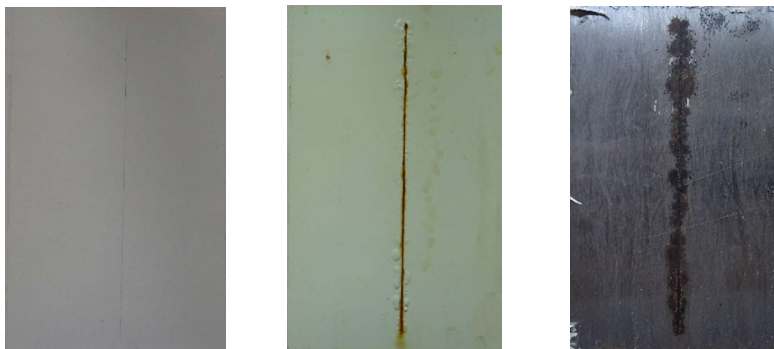
ZnO s pojivem epoxidovou pryskyřicí o hodnotě OKP 10 %



CaSiO₃ s pojivem epoxidovou pryskyřicí o hodnotě OKP 10 %



TiO₂ s pojivem epoxidovou pryskyřicí o hodnotě OKP 10 %



Název práce	Vlastnosti organických povlaků v závislosti na obsahu a složení antikoročních pigmentů
Autor práce	Bc. Josef Škorpík
Obor	Organické povlaky a nátěrové hmoty
Rok obhajoby	2024
Vedoucí práce	Ing. Miroslav Kohl Ph.D.
Anotace	<p>Tato diplomová práce se zabývá studiem vlivu struktury, složení a koncentrace organických a pigmentů s obsahem hořečnatého a zinečnatého kationtu na antikoroční a fyzikální vlastnosti organických povlaků na bázi epoxyesterové pryskyřice, alkydové pryskyřice a epoxidové pryskyřice. Byly porovnávány vlastnosti nátěrových hmot s obsahem nově syntetizovaných organických pigmentů na bázi nitroso-beta-naftolu s hořečnatým a zinečnatým kationtem, n-dodecylaspargátu s hořečnatým a zinečnatým kationtem a Oktylaspargátu se zinečnatým kationtem. Nátěrové hmoty obsahující organické pigmenty byly porovnávány s nátěrovými hmotami, které byly pigmentované anorganickými pigmenty, jednalo se o oxid hořečnatý, fosforečnanem zinečnatý, oxid zinečnatý, titanovou bělobou rutilového typu a wollastonit. U všech pigmentů byla stanovena jejich hustota a olejové číslo, z nichž byla následně vypočtena kritická objemová koncentrace, také bylo sledováno pH a měrná elektrická vodivost roztoků pigmentů v závislosti na čase. U pigmentů byly také zjištěny hmotnostní korozní úbytky a obsah vodou rozpustných látek. Organické povlaky byly aplikovány na skleněné a ocelové panely. Následně u nich byly testovány jejich fyzikálně –mechanické vlastnosti, jako je odolnost organického povlaků vůči ohybu, úderu, vrypu, hloubení a byla také stanovena přilnavost organického povlaku mřížkovou metodou. Ocelové panely, opatřeny organickými povlaky, byly také podrobeny zrychleným korozním zkouškám, při nichž byla sledována jejich antikoroční účinnost. Organické povlaky byly vystaveny i vlivu nepřímých korozních zkoušek, jako je elektrochemické měření lineární polarizace a stanovení odolnosti vůči vodnému roztoku elektrolytu v závislosti na pH.</p>
Klíčová slova	Organický pigment, inhibitor koroze, epoxyesterová pryskyřice, alkydová pryskyřice, epoxidová pryskyřice, asparagan, nitroso-beta-naftol

